

منشورات الجامعة الأردنية

المعادن والصخور الصناعية في الاردن

توافرها وخصائصها ونشأتها

هاني نقولا خوري

عمان ١٩٨٩م

اهداءات ١٩٩٨

المعهد الدبلوماسي الأردني

الأردن



منشورات الجامعة الأردنية

المعادن والصخور الصناعيّة في الاردن

تواترها وخصائصها ونشأتها

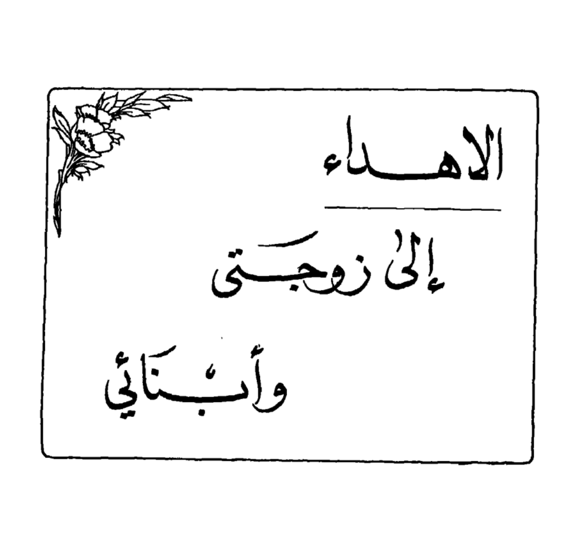
هاني نقولا خوري

عمّان ١٩٨٩م

الطبعة الأولى

٥٣٢١ عر٥٤٩
هانـ هاني نقـولا خــوري
المعـادن والصخـور الصنـاعية في الأردن : توافرها وخصائصها
ونشأتها/ هاني نقولا خوري . ـ عمان : الجامعة الأردنية، ١٩٨٩ .
٢٤٤ ص
ر. أ (١٩٨٩/٨/٥٠٣)
١ ـ المعادن ـ الأردن أ ـ العنــوان

(تمت الفهرسة بمعرفة دائرة المكتبات والوثائق الوطنية)


الإهـــداء
إلى زوجــتي
وأبـنائي

بسم الله الرحمن الرحيم

والارض الاردنية تحوي في باطنها كنوزاً كثيرة بعضها نعرفه والبعض الآخر لما يستكشف بعد وتدل الارقام المتوفرة أن مصادر الطاقة متاحة بكميات تفي حاجتنا لولا اعتبارات الكلفة، وتحوي ارضنا عناصر كثيرة يمكن استثمارها في صناعات قائمة وجديدة يجب ان نتطلع الى اليوم الذي نكون فيه على علم ودراية بما عندنا من ثروات ومنح طبيعية، وان تكون لنا خطة طويلة الآجل لاستثمارها بقدر وعلى مراحل حتى نأخذ منها حاجتنا ونبقي للاجيال القادمة قدراً معقولاً منها. وهذا يتطلب ان نراعي البيئة ونحافظ عليها ونحميها من تلوث الماء والهواء. والاردن في مرحلة البناء الجديد يجب ان يعطي المثل الناصع على نظافته، وقدرته في الحفاظ على صحة الانسان وبيئته.

من خطاب جلالة الملك الحسين بن طلال
في افتتاح اعمال الملتقى التنموي الشامل
يوم الاثنين الموافق ٢٨، ١١، ١٩٨٨

بســم الله الرحمــن الرحيــم

تقديـــم

تعتـبر مصـادر الثـروة المعـدنية من أهم عوامـل التطور الاقتصادي والاجتماعي، وللوقوف على القدرات المعدنية الكامنة في الأردن ومؤشراتها الرئيسية لا بد من التطرق ولو بإيجاز إلى النواحي الجيولوجية فيه.

إن هناك علاقة وطيدة بين نوع المعادن وتوزيعها ونشأتها من حيث المكان والزمان وبين التراكيب الجيولوجية التي نشأت منذ فترة طويلة خلال التطور الجيولوجي في الدرع العربي وعلى طول حفرة الانهدام. وقد ساعدت عمليات رفع الصخور وحركتها إضافة إلى البراكين القديمة في عمليات تركيز الرواسب المعدنية في بعض المناطق.

وتتحكم في جيولوجية الأردن عوامل هامة من ضمنها وقوعه على محاذاة الطرف الشمالي للدرع العـربي الـذي كان مصـدر الـرسـوبيات، وقد كانت هذه الرسوبيات تتجمع في الأحواض والمنخفضات بتأثير بحر التيثس الذي عمل خلال تقدمه أو تراجعه على ترسيب الصخـور البحرية أو القارية، وكانت الحركات الأرضية النشطة بمحاذاة حفرة الانهدام تعمل على تقدُّم البحر أو انحساره، وبناء على ذلك نلاحظ تميز الصخور المكونة للمقطع الجيولوجي العمودي الممثل لهذه المنطقة بتعاقب الرسوبيات البحرية والقارية التي كانت تتراكم بسـماكـات متفـاوتة حسب الظروف المورفولوجية والمناخية التي سادت في العصور الجيولوجية المختلفة.

وتتركز صخور القاعدة النارية التابعة لحقب ما قبل الحياة في المنطقة المحصورة بين العقبة وجنوب البحر الميت، ويطغى النوع الجرانيتي على هذه الصخور التي تعتبر مصدراً من مصادر أحجار الزينة والفيلدسبار وبعض العناصر النادرة. أما صخور حقب الحياة القديمة فتتميز بأنها رملية قارية تصل سماكتها الى حوالي ١٣٠٠م تتخللها رسوبيات بحرية ضحلة، وتحمـل هذه الصخـور رواسب من الحديد والنحاس والمنغنيز والرمل الزجاجي وبعض المعادن المشعة. أما صخور حقب الحياة الوسطى فهي رسوبية بحرية وقارية وتتركز فيهـا رواسب المعـادن الـطينية والفوسفات والجبس والحجر الجيري البيتوميني والتريبولي والصخور الصناعية المختلفة. وتغطي صخور حقب الحياة الحديثة الجيرية والمارلية المناطق الشرقية من الأردن في حين تغـطي طبقـات جيرية وطفـالية وكـونجلومـيرات وتـرافـرتين منخفضات وادي الأردن وحوض البحر الميت وحوض الأزرق ووادي السرحان، وتتميز نهاية هذه الفترة (في بداية العصر الرباعي) بحصول الانخساف الرئيسي لحفرة الانهدام في منـطقـة البحـر الميت، حيث تم ترسيب ما يزيد على ٥٠٠٠م من المتبخرات في منطقة

اللسان، كما تتميز بالنشاط البركاني في شمال شرق الأردن حيث غطت الطفوح البركانية البازلتية مساحات شاسعة.

إن دراسة مصادر الثروة المعدنية وتطويرها هو شكل من أشكال التنوع الاقتصادي، إضافة إلى كونه مصدر دخل قومي. ويناقش هذا الكتاب مصادر الثروة المعدنية في الأردن (باستثناء المياه والبترول والغاز الطبيعي) في ثمانية عشر فصلا يبين المؤلف فيها أهم ما تم التوصل إليه من نتائج في مجال رواسب النحاس والمنغنيز والحديد والفوسفات والباريت والكبريت والمعادن الطينية ورمل الزجاج والجبس والفيلدسبار والتريبولي والرخام والترافرتين وأحجار البناء والملح والبوتاس الصخري وأملاح البحر الميت والصخر الزيتي ورمال القار والمعادن المشعة، ولقد ركز المؤلف على بعض الظواهر الجيولوجية الفريدة مثل تشابه الرخام الأردني في مناطق ضبعة وسواقه وصويلح والمقارن بالاسمنت البورتلندي ونواتجه، وتشابه المياه ذات القلوية العالية في المقارن بالمياه المتكونة في الخرسانة التي تستعمل كمخازن للفضلات الاشعاعية. فدراسة الخواص الكيماوية والبيولوجية لمثل هذه المياه لها تأثير كبير - على المدى البعيد - على مستقبل مثل هذه المخازن الخرسانية.

إن ما ورد في هذا الكتاب ليس خاتمة المطاف لموضوعات مصادر الثروة المعدنية المتشعبة، ولكنه مرجع مهم لكل العاملين والمتخصصين في مؤسسات ودوائر البحث الجيولوجي والتعديني، وبالتالي فان هذا الكتاب يثير الانتباه من خلال ما يتضمنه من معطيات ومعلومات إلى أهمية الثروة المعدنية في الأردن، تلك الثروة التي تعقد عليها الآمال في ضمان التنمية الاقتصادية والاجتماعية. كما يفسح هذا الكتاب المجال أمام المهتمين لإعداد مشاريع الأبحاث والدراسات العلمية والفنية تمهيداً للخروج بالأفكار الجديدة التي من شأنها تحقيق أعلى قدر من التقدم والازدهار لهذا البلد لمواجهة متطلبات التقدم والرقي المعاصر ليتناسب مع التراث الحضاري العربي وتاريخه العريق.

ويسر الجامعة الأردنية التي أخذت على عاتقها نشر البحوث العلمية الرصينة، أن يكون هذا الكتاب من ضمن منشوراتها لهذا العام. واننا نتوجه بالشكر الجزيل إلى الزميل الاستاذ الدكتور هاني خوري صاحب هذا الكتاب والذي عرفناه باحثاً متميزاً وشخصية علمية مرموقة.

عمان في ١٨/٧/١٩٨٩

محمد عدنان البخيت

عميد البحث العلمي

الجامعة الأردنية

مقدمــة

يعد الأردن متحفاً جيولوجياً ومدرسة مثالية لدراسة علم الأرض بفروعه المختلفة، وهو ينفرد بظواهر وتوضعات وتراكيب جيولوجية ومعادن وصخور تميزه عن غيره من بقاع الأرض. وسأتناول في هذا الكتاب جزءاً هاماً من ثرواته الحقيقية، وهي المعادن والصخور الصناعية من حيث توافرها وخصائصها ونشأتها وأماكن وجودها.

ولقد قامت الحكومة الأردنية منذ بداية الخمسينات ومن خلال المنظمات والدوائر المختلفة بدراسات علمية لأغراض تقييم الثروات المعدنية. وتقوم سلطة المصادر الطبيعية منذ تأسيسها وحتى الآن بدور فعال في دراسة هذه المصادر وتقييمها. وتقوم الشركات الوطنية حالياً باستغلال بعض هذه الثروات على نطاق واسع أو ضيق. وهناك الكثير من الخامات التي لم تكتمل دراسة جدواها الاقتصادية وهناك الكثير أيضاً الذي ما يزال مدفوناً تحت سطح الأرض بانتظار من يكتشفه.

ان المهمة الكبرى التي تواجهنا ليست فقط تقييم مصادر الثروة المعدنية واستخراجها، ولكن البدء في تصنيعها وتطويرها محلياً لكي نصل الى أعتاب التطور الصناعي، وامتلاك المهارات والقدرات على تطبيق المعطيات العلمية وطرق الانتاج. ولكي يتم وضع القاعدة الأساسية الاجتماعية والبشرية لتطور العلوم والتكنولوجيا محلياً، يجب أن يمس الانتاج الصناعي حياة الغالبية العظمى من السكان التي يتوقف عليها تطور المجتمع. والطريق الرئيسي لتحقيق التقدم في مجالات العلم والتكنولوجيا والانتاج الصناعي هو البحث العلمي. ولقد قامت مؤسسات وطنية كثيرة من ضمنها سلطة المصادر الطبيعية والجمعية العلمية الملكية والجامعة الأردنية وحالياً المجلس الأعلى للعلوم والتكنولوجيا بأبحاث عديدة في مجال تقييم الثروات المعدنية، ولا تزال الحاجة ملحة الى التركيز على الصناعات الاستخراجية.

و يستعرض هذا الكتاب أهم الأبحاث العلمية التي تمت على المعادن والصخور الصناعية في الأردن منذ بدءها حتى تاريخ صدوره. والكتاب مقسم الى ثمانية عشر فصلا وهو تجربة متواضعة أضعها بين يدي الطلبة والعاملين في الجيولوجيا والمهتمين في هذا البلد، آملا أن يسهم في نشر المعرفة لما فيه خير هذا الوطن.

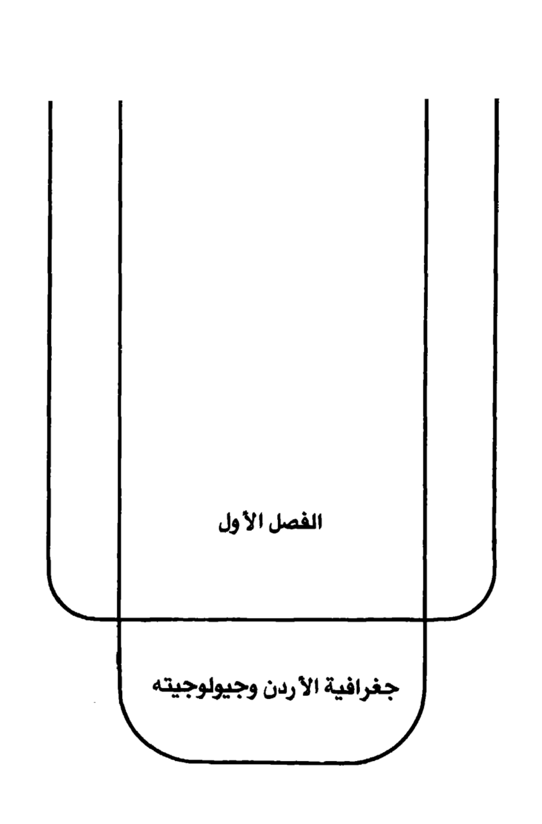
والله ولي الأمر والتوفيق.

المحتو يــات

الموضوع	الصفحة

فهرس الأشكال

فهرس الجداول



الفصل الأول

جغرافية الأردن وجيولوجيته

جغرافية المملكة الأردنية الهاشمية

يقع الأردن بين خطوط ١١ ٢٩° ـ ٢٢ ٣٣° شمالا و ٥٩ ٣٤° ـ ١٢ ٣٩° شرقاً وتبلغ مساحته ٩٥٫٠٠٠ كم٢. وصيفه بشكل عام حار وشتاؤه بارد. وفي حين يسود المناخ الصحراوي البادية شرقاً تتمتع المرتفعات الجبلية بمناخ البحر الأبيض المتوسط ذي الصيف المعتدل والشتاء البارد، أما منطقة الأغوار فمناخها شبه مداري حار صيفاً ودافىء شتاء. وتبلغ كمية الأمطار السنوية ما يزيد على ٤٠ سم في عمان واربد الا أن هذه الكمية تنخفض الى نحو ٥ سم في المناطق الصحراوية.

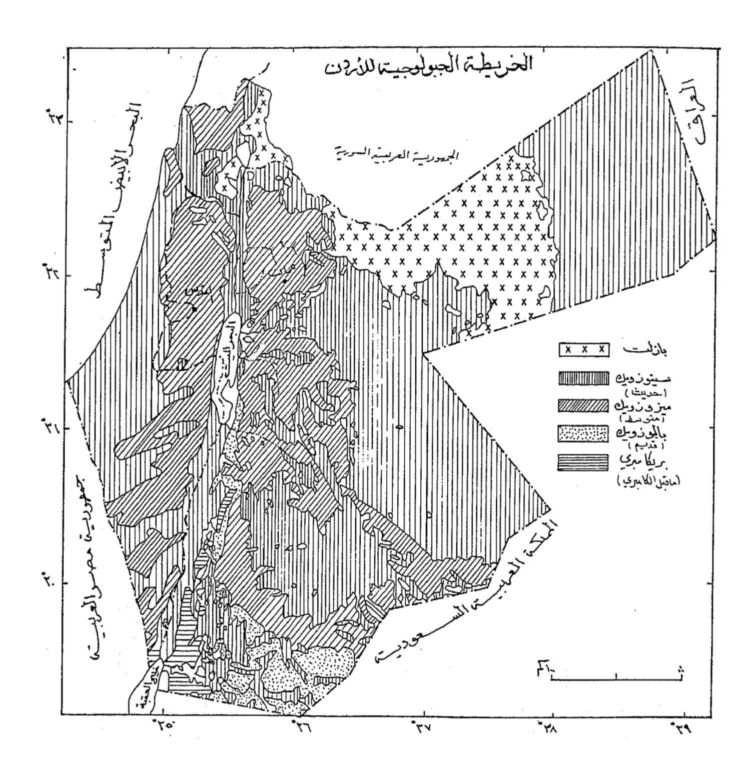
هذا وتمتد المرتفعات من الشمال الى الجنوب. وتقسم الى قسمين يفصل بينهما الأخدود الأردني (الأغوار). ومرتفعات الأردن الشرقية أكثر ارتفاعاً من الغربية، وهي تضم من الشمال الى الجنوب جبال عجلون، وتمتد من نهر اليرموك شمالا حتى نهر الزرقاء جنوباً، تليها جبال البلقاء التي تمتد من نهر الزرقاء شمالا حتى وادي حسبان جنوباً، ثم جبال مؤاب التي تمتد من وادي حسبان شمالا حتى وادي الحسا جنوباً، وأخيراً جبال الشراة في الجنوب.

أما الأخدود الأردني (الأغوار) فهو جزء من الأخدود الافريقي العظيم الممتد من سواحل شرقي افريقيا حتى سواحل جنوبي تركيا. و يمتد الأخدود الأردني من التقاء نهر اليرموك بنهر الأردن شمالا وحتى خليج العقبة جنوباً (٣٧٠ كم). وتقع في هذا الأخدود أخفض نقطة على سطح الأرض وهي البحر الميت الذي يبلغ مستواه ٤٠٠م دون مستوى البحر تقريباً، و يطلق على الجزء الجنوبي من الأخدود وادي عربة.

أما البادية الأردنية فهي هضبة متوسط الارتفاع، تقسم الى ثلاث مناطق، وهي بادية حسمى (تمتد من رأس النقب وحتى السعودية) ومن أبرز معالمها وادي رم وجبل رم وجبل أم عشرين، والجزء الثاني أرض الحماد وتمتد بين رأس النقب حتى الحدود العراقية في الشمال الشرقي، والقسم الثالث أراضي الحرة وهي جزء من حرة بادية الشام التي تمتد في جنوب غربي سوريا عبر شمال شرقي الأردن، وهي منطقة بركانية.

جيولوجية الأردن

يبين شكل ١ ـ ١ خريطة جيولوجية مبسطة تظهر توزيع الأحقاب الجيولوجية في الأردن حيث تغطي الصخور الرسوبية مساحات شاسعة. وتمثل صخور حقبة ما قبل الكامبري النارية الحامضية الجزء الجنوبي الغربي من البلاد. و يغطي البازلت مساحات شاسعة من الجزء الشمالي الشرقي. وتكون الصخور الرسوبية في مناطق عديدة أفقية تقريباً تصبح معقدة باتجاه الأغوار حيث تظهر آثار الصدوع والطبقات التي تصبح رأسية وحتى مقلوبة في بعض الأماكن.



شكل (١ ــ ١) خريطة جيولوجية مبسطة تبين الأحقاب الجيولوجية

جدول (١ ـ ١) التسميات المختلفة للطبقات الجيولوجية في الأردن

Geological Time Scale: ERA	Period		EPOCH	Group	Stage or Formation	VARIOUS NOMENCALTURES OF LITHOSTRATIGRAPHIC SUCCESSIONS OF JORDAN: Quennel (1951)		Wetzel & Morton (1958)	الوحدة	Bender 1974	Aquifer		
CENOZOIC	Quaternary		RECENT	JORDAN VALLEY	ALLUVIUM	11 RECENT		LISAN MARL	الحديث	HOLOCENE	HOLOCENE		
			PLISTOCENE		LISAN	10 LISAN SERIES			اللسان وغور الكتار	LISAN & GHOR EL KATAR SERIES	JAFR AZRAQ		
											BASALT		
	TERTIARY		PLIOCENE		SAMRA ?	9 NEOGENE UNDEFFERENTIATED		USDOM SERIES	الكونغلوميرات التزامنية التكتونية	SYNTECTONICAL CONGLOMERATES	SIRHAN DANA		
			MIOCENE		NEOGENE								
			OLIGOCENE	BELQA							BASALT		
			EOCENE		RIJAM / FALIJ	BALQA SERIES	EOCENE	SARA CHALKY & FLINT FORMATION	الطباشيري	Chalky and Bit. L.S. of Yarmouk Area	B5	WADI SHALLALA	
									الجيري النيوموليتي	Nummulitic L.S. Unit of Sirhan & Azraq			
			PALEOCENE				PALEOCENE	TAQIYA MARL FORMATION	الجيري الصواني	Chert Limestone Unit	B4	RIJAM	
MESOZOIC	CRETACEOUS	UPPER	DANIAN MAESTRICHT		MUWAQQAR		MAESTRICH.	GHAREB CHALK FORMATION	الطباشيري المارلي	CHALK - MARL UNIT	B3	MUWAQQAR	
			CAMPAN		AMMAN		CAMPANIAN	MISHASH FLINT	الفوسفوريت	Phosphorite Unit	B2	AMMAN	
			SANTON CONIACAN		RUSEIFA		SANTONIAN	MALEHA CHALK	الجيري السيليسي	Silicified Limestone Unit	B1	Wadi Ghudran	
		MIDDLE	TURONIAN	AJLUN	WADI SIR	AJLUN SERIES	TURONIAN	Judea Limestone	الجيري الكتلي	Massive or Sandy Limestone Unit	A7	WADI SIR	FASSUA
			CENOMANIAN		SHUEIB		CENOMANIAN		الجيري الإكينويدي	Echinoid Limestone Unit	A5-6	SHUEIB	
					HUMMAR						A4	HUMMAR	
					FUHEIS				الجيري العقدي	Nodular Limestone Unit	A3	FUHEIS	
					NAUR						A1-2	NAUR	
		LOWER	ALBIAN	KURNUB	BAQA SUBEIHI (K_2)	6 KURNUB SANDSTONE		HATHIRA SANDSTONE	الرملي الملون (الكرنب)	Varicoloured Sandstone Unit	K2	SUBEIHI	
			APTIAN							Massive White Sandstone Unit	K1	AARDA	
			BARREMIAN										
			HAUTERIVIAN										
			VALANGINIAN										
	JURASSIC		PORTLANDIAN		ARDA (K1)								
			KIMMERIDGIAN										
			LUSITANIAN										
			OXFORDIAN	ZARQA	HUNI (Z_2)	ZARQA GROUP 5	UM SAHM Sandstone	RUMMAN GROUP	الجيري الدولوميتي	Limestone, Dolomitic Limestone Unit	Z_2	AZAB	
			CALLOVIAN										
			BATHONIAN						الرملي الدولوميتي	Septed Sandstone and Dolomitic Sandstone Unit			
			BAJOCIAN										
			LIASSIC										
	TRIASSIC		KEUPER		MAIN (Z_1)			Zarqa Gypsum & Fossiliferous Limestone Group	الجبس	Gypsiferous Sequence	Z_1	MAIN	
			MUSCHELKALK										
			BUNTSANDSTEIN						الرملي المارلي	Wadi Hisban Sandstone Sandstone Marl Sequence			
PALEOZOIC	PERM		?			4 RAM SANDSTONE		PETRA SANDSTONE	?	?			
	CARBON												
	DEVON												
	SILUR			Khreim				RED SANDSTONE ZONE	الرملي الغاري لحفر الديدان	Worm Burrows Sandstone Rd. Bn. Arg. Sandstone	Kh2	Mudawwara	KHREIM
			LIANDOVERY						الرملي النوتيلويدي	Nautiloidea Sst.			
	ORDOV.								الرملي الكونولاري	Conularia Sandstone	Kh.	Khreim	
			LIANVIRN						الرملي البني الطبقي	Bedded Bnsh. Sst.			
									الرملي الأبيض الكتلي	Massive White Sst.	D4	SAHM	DISI
	CAMB.		U. CAMB.	DISI		3 INTRUSIVES QUWEIRA SERIES		BURJ LIMESTONE HASA SHALE	الرملي البني الكتلي	Massive Bnsh. Sst.	D3	DISI	
			M. CAMB.						الدولوميت والجيري - الطفل - الأركوز الطبقي	Dolomite - Limestone Shale & White Sst. Bedded Arkose Sst.	D2	ISHRIN	
			L. CAMB.						كونغلوميرات القاعدة	Basal Conglomerate	D1	SALEB	
PRE CAMBRIAN	LIPALIAN INTERVAL					PLANATION		CONGLOMERATIC ZONE					
	LATE PRE-CAMBRIAN			Saramuj	SARAMUJ	2 SARAMUJ SERIES			الطفال - الجريواك	Slate Graywake Series	S	SARAMUJ	
						Erosion Exposing Granites		SAFI CONGLOMERATE	كونغلوميرات السراموج	Saramuj Conglomerate			
	EARLY Pre-CAMBRIAN CAMBRIAN ARCHEAN			Basement Complex		1 AQABA GRANITE COMPLEX		AQABA GRANITE	جرانيت	AQABA GRANITE	C1	BASEMENT COMPLEX	

وتطغى الصخور الرسوبية الرملية غير البحرية على الجزء الجنوبي من الأردن بينما تطغى الصخور الرسوبية الجيرية البحرية على الجزء الشمالي والشمالي الغربي منه. وقد كانت خطوط الشاطىء تتذبذب شمالا وجنوباً وذلك منذ زمن طويل، وترتب على ذلك تعاقب الرواسب البحرية والقارية، وقد كان أكبر انتشار للبحر في العصرين الطباشيري الأعلى والأيوسين حيث ترسب ما يزيد على ٤٠٠م من الحجر الجيري والطفال والصوان والفوسفات والصخر الزيتي.

وقد كتب كثير من الباحثين عن جيولوجيا الأردن ومن بينهم (١، ٢، ٥، ٦، ٧، ٨، ٩، ١٠، ١٢، ١٣، ١٤، ١٦)

Blake, 1930; Blanckenhorn, 1896; Hull, 1886; lartet, 1869;
Blake and Ionides, 1939; Blake, 1936;
Burdon, 1959; Quennell, 1951; Picard, 1941;
Abed, 1982; Bender, 1975; Wetzel and Morton, 1959.

كما قامت البعثة الجيولوجية الألمانية بنشر الكثير من الأبحاث والتقارير في الفترة التي عملت بها بين ١٩٦١ ـ ١٩٦٦. وتقوم سلطة المصادر الطبيعية حالياً بمسح جيولوجي ورسم خرائط جيولوجية مفصلة للأردن مقياس ١ : ٥٠٫٠٠٠.

و يبين جدول رقم (١ ـ ١) ملخصاً للتسميات الطبقية المختلفة في الأردن كما وردت من قبل كثير من الباحثين. وفيما يلي ملخص لجيولوجيا الأردن، اقتبس جزء منه من [١] .Abed, 1982

حقب ما قبل الكامبري Precambrian

تتكشف صخور حقب ما قبل الكامبري في أقصى جنوبي الأردن وفلسطين وسيناء، وتستمر في التكشف شمالا على شكل ممر ضيق على الحافة الشرقية لوادي عربة، وعلى الرغم من أن هذا الممر يتلاشى جنوب غرندل الا أنه يعود مرة أخرى الى الانكشاف شرقي النهاية الجنوبية للبحر الميت متمثلا في صخور كونجلوميرات السرموج. و يمتد الى الشرق والشمال الشرقي للعقبة حتى منطقة القويرة ووادي رم، و يختفي تماماً تحت الرسوبيات الأحدث عمراً.

وتقسم صخور القاعدة في الأردن الى ثلاثة أقسام :ـ

١. الصخور المتحولة:

وتتكون أساساً من النايس والشيست، وقد بين [١١] Jarrar, 1985 بأن الصخور المتحولة من أصل رسوبي metasediments توجد في وادي الحور (نطاق الشتوروليت ـ أندلوسيت) و وادي أم سيالة (نطاق انتقالي بين درجة التحول المتوسط والعالي و يتميز بوجود

الجارنت) ووادي أبو برقة (نطاق السيلامينيت) والصخور المتحولة من أصل ناري Igneous origin توجد بكثرة في وادي أبو برقة، ولقد تم معرفة ثلاثة أحداث رئيسية مسؤولة عن تكوين هذه الصخور المتحولة :ــ

أ) التحول الاقليمي متوسط ــ عالي الدرجة (٧٥٠ ــ ٨٠٠ مليون سنة)
ب) التحول الديناميكي (٦٢٥ ــ ٦١٠ ملايين سنة)
جـ) التحول الحراري التنازلي (٦١٠ ــ ٥٧٥ مليون سنة)

ومما يجدر ذكره أن صخور القاعدة النارية تتميز بانخفاض نسبة نظائر $^{86}Sr/^{87}Sr$ المميزة للدرع العربي النوبي.

٢. الصخور النارية :

وتتكون أساساً من الجرانيت بأشكاله المختلفة والأبلايت والبجماتيت والجرانوديوريت والكوارتزديوريت والهورنبلنديت اضافة الى القواطع الحامضية (ابليت جرانيت وبجماتيت وكوارتزبورفيري) والقواطع القاعدية (ديابيز).

٣. كونجلوميرات السرموج والأردواز والجروك

Sarmuj conglomerates, slate and graywackes.

وتتكشف الكونجلوميرات في وادي السرموج الذي يقع شرق غور الصافي و بالقرب من وادي أبو برقة ومن المرشرش (ايلات) وفي قاع جبل هارون جنوب غرب البتراء. وتتكون الكونجلوميرات من حبات جيدة الاستدارة متعددة الألوان مكونة من صخور نارية ومتحولة تمثل تركيب صخور القاعدة، و يعلو صخور الكونجلوميرات صخور الإردواز والجروك التي تصل سماكتها الى ٢٠٠ م في وادي أبو برقة.

حقب الحياة القديمة Paleozoic

تعلو صخور هذه الحقب صخور القاعدة النارية والمتحولة بشكل غير متوافق، وتنتشر في جنوبي الأردن وجنوب شرق رأس النقب وعلى الجانب الشرقي لوادي عربة. وتتكشف هذه الصخور أيضاً في شمال شرق البحر الميت عند مصب مياه زرقاء ماعين. وتقطع صخور الكوارتز بورفيري البركانية صخور الكامبري الرملية. ولقد أطلق سابقاً اسم الحجر الرملي النوبي على هذه الصخور لصعوبة تقسيمها الى عصور مختلفة، وكما هو مبين في الجدول رقم (١ ــ ١) فان صخور حقب الحياة القديمة مقسمة الى وحدات صخرية مختلفة، وسوف نستعرض فيما يلي التقسيم الذي تبناه المؤلف.

⋆ العصر الكامبري Cambrian

وتتكشف صخور هذا العصر على طول الجانب الشرقي لوادي عربة وحتى البحر الميت وتتكون من الأسفل الى الأعلى من :ــ

ـ وحدة الحجر الرملي الأركوزي المتطبق Bedded Arkosic Sandstone Unit

وتتكشف في منطقة قاع أم سلب وفي وديان رم ورمان و يعلو صخور القاعدة أوكونجلوميرات الأساس.

ـ وحدة الحجر الرملي الناعم الأ بيض White Fine Sandstone Unit

وتبلغ سماكته حوالي ١١٠ م في الجزء الشمالي من وادي عر بة، و بيئة الترسيب في هذه الوحدة بحرية، وتقطعها في وادي أبو خشبية صخور الكوا رتز بورفيري.

ـ وحدة الحجر الجيري ـ الدولومايت ـ الطفال

Dolomite Limestone Shale Unit

تزداد سماكة هذه الصخور شمالا في منطقة جنوب البحر الميت وتبلغ أكثر من ٥٠ م. و يصبح الطفال أخضر اللون جيد التطبق يحتوي على آثار مستحاثات و يعلوه الحجر الرملي ثم الدولومايت في حين تتداخل هذه الصخور مع وحدة الحجر الرملي الناعم الأ بيض كلما اتجهنا الى الجنوب، وتتبع هذه الصخور الجزء العلوي من العصر الكامبري الأسفل والأ وسط.

ـ وحدة الحجر الرملي الكتلي بني التجو بة

Massive Brownish Weathered Sandstone

وتبلغ سماكتها في الحد الأقصى حوالي ٣٤٠ م وتتميز بلونها البني المحمر. وتتكون أساساً من معدن الكوارتز، كما يوجد الفيلدسبار في الجزء السفلي من الوحدة. وتتبع هذه الصخور عصر الكامبري الأعلى.

★ العصر الأ وردوفيشي Ordovician

وتتكون صخور هذا العصر من الأسفل الى الأعلى من الوحدات التالية : ـ

ـ وحدة الحجر الرملي الكتلي أبيض التجو ية

Massive Whitish Weathered Sandstone

وتمتد هذه الصخور من رأس النقب وحتى قاع الديسي الى جبل أم سهم على الحدود السعودية، وتبلغ سماكة هذه الصخور حوالي ٣٦٠م. وتتكون من حجر رملي كوارتزي أبيض، وهي تتبع عصر الأ وردوفيشي.

ـ وحدة الحجر الرملي المتطبق بني التجو يه

Bedded Brownish Weathered Sandstone Unit

تبدأ هذه الصخور من رأس النقب وحتى جبال أم سهم وتبلغ سماكتها حوالي ٢٦٠م، وتتكون أساساً من الحجر الرملي الكوارتزي، وهي تتبع العمر الأ وردوفيشي الأسفل.

ـ وحدة الحجر الرملي الجرابتوليتي

Graptolitic Sandstone Unit

وتتكون صخور هذه الوحدة من طفال صلب ملون وحجر رملي كوارتزي وتتميز بوجود الجرابتوليت من عمر لانفرن أسفل Lower Llanvirn

ـ وحدة حجر رمل سابلاريفكس

Sabel larifex Sandstone Unit

وتتكون هذه الوحدة من صخور الحجر الرملي والطيني الغني بأنابيب سابلاريفكس من العصر الأوردوفيشي الأوسط، وتبلغ سماكة الوحدة جنوب رأس النقب ١٢٠ م تقريباً.

ـ وحدة الحجر الرملي الكونيولاري

Conularia Sandstone Unit

تتكشف هذه الصخور بين بطن الغول والمدورة في نطاق يبلغ عرضه حوالي ٢٥ كم، وتكون أساساً من الطفال الرملي الغني بالمستحاثات التي تتبع العصر الأوردوفيشي الأعلى.

★ العصر السيلوري **Silurian**

وتتكون صخور هذا العصر من الأسفل الى الأعلى من الصخور التالية: ـ

ـ وحدة الحجر الرملي النوتيليدي **Nautiloid Sandstone Unit**

وتشبه صخور هذه الوحدة سابقتها وتختلف فقط باحتوائها على مستحاثات النوتيلو يد Nautiloids. و يعلوها في الشمال الحجر الرملي الكرنبي بشكل غير متوافق، أما في الجنوب الشرقي (في الجزء الذي اقتطع من الأردن) فتتكشف الصخور الرملية الطينية البنية ـ الحمراء الحاو ية لحفر الديدان Worm-Burrowed التي تتبع عصر السيلوري الأعلى. وتظهر صخور العصر السيلوري الأسفل الطفالية والمنتجة للغاز الطبيعي في بئر الريشة على عمق ٧٥ م في منطقة بطن الغول.

★ العصر الديفوني **Devonian**

توجد صخور هذا العصر في الأحواض الرسوبية كالجفر والسرحان والأزرق، ولكنها لا تتكشف في الأردن، وتتكون من الحجر الرملي والطفال والحجر الجيري والدولومايت.

★ العصر الكربوني **Carboniferous**

لا تتكشف صخور هذا العصر في الأردن الا أنها سجلت في بئر صفرا ـ ١ على بعد ٤٢ كم الى الشرق من جنوب شرق عمان. وتتكون من الحجر الرملي والجيري.

★ العصر البرمي **Permian**

يعتقد بأن صخور هذا العصر تتكشف في منطقة حمامات ماعين والموجب (٣) (Bandel and Khoury, 1981) ولقد سجلت صخور هذا العصر في بئر الرمثا التجريبي على عمق ٣٦٠٠م.

حقب الحياة المتوسطة Mesozoic

تقسم هذه الحقب الى ثلاثة عصور هي الترياسي والجوراسي والكريتاسي، وتعتبر صخور العصر الكريتاسي أكثر صخور هذه الحقب انتشاراً وتكشفاً في الأردن. وتقطع هذه الصخور وخاصة الترياسي صخور نارية بازلتية.

⋆ العصر الترياسي Triassic

وتتكشف صخور هذا العصر في المنطقة الواقعة بين الموجب ووادي الكفرين، وتقل سماكتها الى الجنوب الى أن تختفي في وادي الموجب حيث تغطي صخور الكريتاسي السفلي صخور الكامبري الرملية، وتزداد صخور الترياسي الى الشمال من وادي حسبان، وتتكون من صخور طفالية ورملية وحجر جيري ومارل اضافة الى وجود ترسبات من الجبس وحديد أووليتي الذي يتكشف في وادي نهر الزرقاء.

⋆ العصر الجوراسي Jurassic

تتكشف صخور هذا العصر في منطقة نهر الزرقاء والى الغرب حتى الأغوار وفي منطقة ماحص، وتتكون صخور هذا العصر من طبقات سميكة من الحجر الرملي والدولومايت والمارل والحجر الرملي الدولوميتي، وفي منطقة البقعة (٢) (Abed and Ashour, 1987).

⋆ العصر الكريتاسي (الطباشيري) Cretaceous

تغطي صخور هذا العصر ما يزيد على ٦٠٪ من مساحة الأردن. وتقل سماكتها نحو الجنوب الشرقي. وهي تنقسم الى جزئين : ـ

الجزء السفلي القاري و يتكون من الحجر الرملي الأبيض الكتلي والمتعدد الألوان، وتعرف صخوره **بصخور الرمل الكرنبي** Kurnub Sandstone والجزء العلوي البحري حيث تغلب الصخور الجيرية على مكوناته. و يقسم الجزء العلوي الى الوحدات التالية من الأسفل الى الأعلى : ـ

ـ وحدة الحجر الجيري العقدي Nodular Limestone Unit

تتكشف صخور هذه الوحدة على أحسن وجه في منطقة الفحيص وناعور، وتتكون من تعاقب الحجر الجيري والمارل والدولومايت، وتشمل تكو يني ناعور والفحيص.

ـ وحدة الحجر الجيري الاكنو يدي Echinoidal Limestone Unit

ولقد أعطي اسم تكو ين الحمر للجزء السفلي، وشعيب للجزء العلوي، وتتبع هذه الصخور العصر السينوماني ـ التوروني، وتتكون من الحجر الجيري والدولومايت والمارل. وتوجد في الجزء العلوي عقد الصوان وطبقات من الجبس.

ـ وحدة الحجر الجيري الكتلي Massive Limestone Unit

تشمل هذه الوحدة تكو يني وادي السير والغدران وتتبع العصر التوروني ـ السانتوني، وتتكون من الحجر الكتلي ورقيق التطبق مع بعض عقيدات وطبقات الصوان.

وتستعمل هذه الطبقة كمستوى مميز في عمليات المسح الجيولوجي، وتصبح هذه الصخور في الجنوب رملية. أما الجزء الأعلى فيشمل تكو ين الغدران، و يتكون من الطباشير.

ـ وحدة الحجر الجيري السيليسي Silicified Limestone Unit

و يطلق اسم هذه الوحدة على الجزء السفلي من تكو ين عمان وتتبع العصر الكامباني، وتتكون صخور هذه الوحدة من طبقات الصوان والحجر الجيري الرقيقة المتموجة.

ـ وحدة الفوسفوريت Phosphorite Unit

وتعادل هذه الطبقات الجزء العلوي من تكو ين عمان وتتبع العصر الكامباني ـ الماسترختي. وتتكون أساساً من طبقات الفوسفات والحجر الجيري، وتتكشف بشكل اقتصادي في شمالي الأردن والرصيفة والحسا والقطرانة والشدية.

ـ وحدة الطباشير ـ المارل Chalk Marl Unit

و يطلق عليها أيضاً تكو ين الموقر وتزداد سماكة هذه الصخور الى الشمال وتتكون من المارل والطباشير، وهي تتبع عصور الماسترختيان ـ دانيان ـ باليوسين. والجزء السفلي في كثير من التكشفات يكون غنياً بالزيت و يطلق عليه اسم وحدة الصخر الزيتي الجيري Bituminous Limestone Unit

حقب الحياة الحديثة Cenozoic

وتنتشر في هذه الحقب الصخور البازلتية وذلك في غور الأردن و وادي الموجب ومناطق شمال شرقي الأردن.

★ العصر الثلاثي Tertiary

و يقسم الى أربع وحدات صخرية من الأسفل الى الأعلى هي : ـ

ـ وحدة الحجر الجيري ـ الصوان Chert Limestone Unit

و يتكون أساساً من طبقات رقيقة متعاقبة من الصوان والحجر الجيري أو المارل أو الطباشير، و يتكون الجزء العلوي من الحجر الجيري النوميوليتي الذي يتكشف في منطقة الغرندل وغرب معان. وتبلغ سماكته في الجنوب ٦٠م تزداد الى ٢٢٠م في شمالي الأردن (وادي الشلالة). وعمر هذه الصخور باليوسين ـ ايوسين. و يطلق عليها تكو ين رجام.

ـ الكونجلوميرات السفلى متزامنة التكتونية
Lower Syntectonic Conglomerates

توجد في وادي عربة حيث تعلو الحجر الجيري النوميوليتي، وتتكون أساساً من المارل اضافة الى الكونجوميرات المنقولة من عصور أقدم. وعمر هذه الصخور أوليجوسين.

ـ تكو ين أصدم Sedom Formation

وهي عبارة عن متبخرات ترسبت في منطقة البحر الميت على شكل ملح صخري مع

طفال ومارل وكارنلايت، وتقدر سماكتها بأكثر من ٤٠٠٠ م و يقدر عمرها بالأوليجوسين ــ ميوسين.

ــ الكونجلوميرات العليا متزامنة التكتونية
Upper Syntectonic Conglomerates

وتتكون من كونجلوميرات بنية الى حمراء وحجر رملي وماري. وتتكشف هذه الصخور على الجانب الشرقي من وادي عربة، وتصل سماكتها الى ٢٠٠ م، وعمرها ميوسين.

⋆ العصر الرباعي

وتتكون من التكاوين التالية من الأسفل الى الأعلى :ــ

ــ تكوين الشاغور Shagur Formation

وهي كونجلوميرات جيرية ورملية ذات أصل رسوبي نهري ــ بحيري. وعمرها هو البليوسين العلوي ــ البلايستوسين السفلي.

ــ تكوين غور الكتار Ghor El-Katar Formation

وهي كونجلوميرات رملية ومارلية تقع شمال البحر الميت، وعمرها هو البلايستوسين السفلي.

ــ كونجلوميرات أبو هابيل الجيرية
Abu Habil Conglomeratic Limestones

وهي كونجلوميرات جيرية تعلو صخور غور الكتار، وعمرها هو البلايستوسين الأوسط.

ــ تكوين بحص كفرنجة Kufranja Gravels

و يتبع عصر البلايستوسين الأوسط وله عمر البازلت نفسه الموجود في غور الكتار.

ــ تكوين السمرة Samra Fromation

وتتكون من الحجر الرملي والطيني، و يعتقد بأنها ترسبت من مياه بحيرة عذبة، وعمرها بلايستوسين علوي.

ــ تكوين اللسان Lisan Formation

و يتكون من طبقات طينية ورملية الى الأسفل، تعلوها طبقات رقيقة من الجبس والأراجونيت أو الكالسيت والكاولين ترسبت في بيئة بحيرية مالحة، وعمرها بلايستوسين علوي.

ــ الرسوبيات الحديثة Holocene Sediments

وهي رسوبيات الأنهار والوديان والكاليش والترافرتين والتوفا، ورسوبيات الصوان الصحراوية.

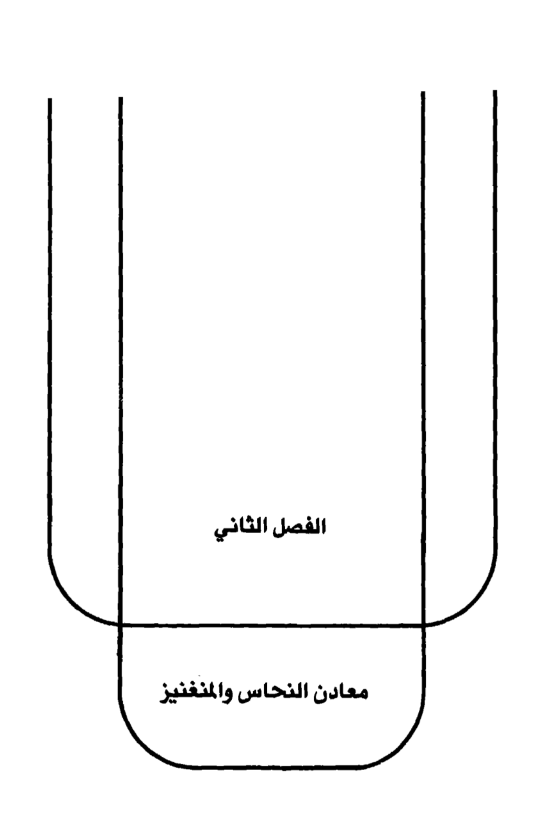
التراكيب الجيولوجية

تتميز التراكيب في الأردن عدا غور الأردن ــ وادي عربة ببساطتها، حيث توجد الطيات والصدوع اضافة الى التراكيب المعاصرة لعمليات الترسيب كتلك الموجودة في منخفض السرحان والأزرق. وأهم الصدوع العادية التي تتجه الى الشمال الغربي هي صدوع الحسا والكرك ووادي الفيحا والقطرانه ــ قاع الحفيرة، وهناك صدوع الدفع العلوي Overthrust غرب معان وغرب طريق الحسا ــ القطرانة التي تتجه من الشمال الى الشمال الغربي. ومجموعة صدوع تتجه من الشمال الى الشمال الشرقي، وهي موازية لغور الأردن ــ وادي عربة، وصدوع تتجه من الشرق الى الغرب في سواقة ووادي الثمد و وادي الزعفران. وأهم التراكيب ما يعرف بتركيب وادي شعيب (١٣) (Mikbel and Zacher, 1981) الذي يتجه الى الشمال الشرقي على شكل طيات تتحول الى التواء في منطقة البقعة. وأهم الطيات في الأردن هي المثلة في قبة عجلون ومقعر الرمثا ومحدبات الصفراء وجبل الطاحونة.

أما انهدام غور الأردن ــ وادي عربة فيعد من أهم التراكيب الجيولوجية وأعقدها ــ وهو جزء من حفرة الانهدام التي تمتد من شرقي افريقيا مارة بخليج عدن فالبحر الأحمر ثم شمالا حتى جنوبي تركيا. و يبدو أن الاتساع على طول خليج عدن والبحر الأحمر نحو الشمال الشرقي هو النظرية السائدة حول نشأة حفرة الانهدام، حيث يؤدي هذا الاتساع في الشمال الى حركة أفقية (Strike - Slipe).

References

1. Abed, A., 1982: 'Geology of Jordan, Al-Nahda Al-Islamiah, 232 p (In Arabic).
2. Abed, A., and Ashour, M., 1987 : Petrogrphy and age determination of the NW phosphates. Dirasat, 14 : 247 - 265.
3. Bandel, K., and Khoury H., 1981: Lithostratigraphy of the Triassic in Jordan, Facies, 4 : 1- 26.
4. Bender, F., 1975: Geology of the Arabian Peninsula, Jordan. Prof. Pap. U.S. Geol. Surv. 560-I., Washington.
5. Blake, G., 1930: The mineral resources of Palestine and Trans- Jordan, Jerusalem Printing and Stationary Office.
6. Blake, G., 1936: The stratigraphy of Palestine and its building stone, Jerusalem Printing and Stationary Office.
7. Blake, G., and Ionides, M., 1939: Report on the water resources of Transjordan and their development. London, Crown Agents for the Colonies.
8. Blanckenhorn, M., 1896: Entstehung and Geschichte des Toten Meeres - Zeitschr. Deutsch. Palastine Vereins, Leipzig.
9. Burdon, D., 1959: Handbook of the geology of Jordan; Amman.
10. Hull, E., 1886: Memoir on the physical and geography of Arabea Petraea, Palestine, and adjoining districts, with special reference to the mode of formation of the Jordan-Arabah depression and the Dead Sea. Bentley & Sons, London, 145 P.
11. Jarrar, G., 1984: Late Proterozoic crustal evolution of the Arabian Nubian Shield in the Wadi Araba area, SW-Jordan. Unpublished Ph.D. thesis, Braunschweig University, 107 P.
12. Lartet, L. 1869 : Essai sur la Geologic de la Palestine- Ann. Sci. Geol., 1 pt., 1:1-116.
13. Mikbel, Sh., and Zacher, W., 1981: The Wadi Schueib structure, N. Jb. Geol und Paleont. Mh., 9: 571-576.
14. Picard, L., 1941: The Precambrian of the north Arabian- Nubian Massif. Bull., Geol. Dept., Hebrew Univ., 3, 3-4.
15. Quennell, A., 1951 : The geology of mineral resources of Trans-Jordan. Colonial Geology & Mineral Resources, London, 2: 85 - 115.
16. Wetzel, R., and Morton., D., 1959: Contribution a La Geologie de la Transjordanie - notes et Memories sur le Moyen-Orients. Publiees sous la direction de M.L. Dubertret. Contributions a la Geologie de La Peninsule Arabique, Museum Nat. d'Hist. Nature, Paris, 7: 95 - 188.

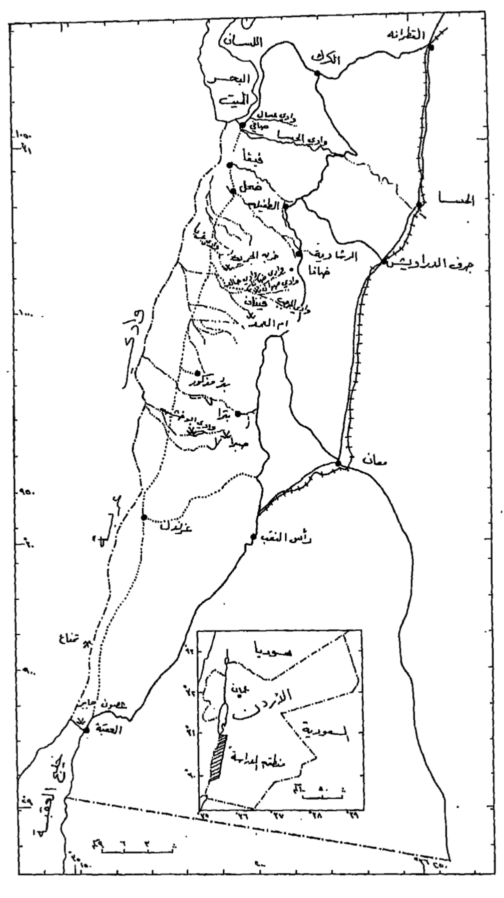

الفصل الثاني
معادن النحاس والمنغنيز

معادن النحاس والمنغنيز

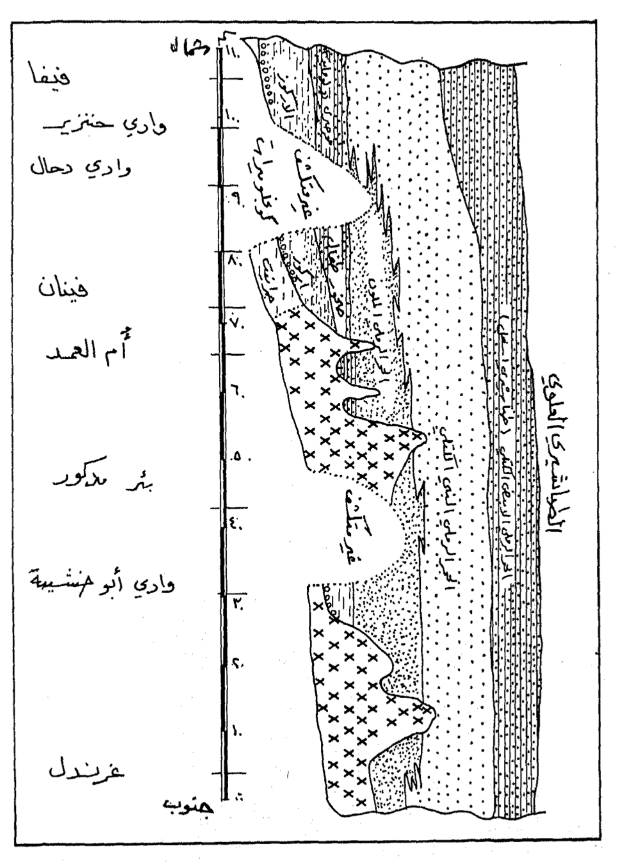
توجد خامات النحاس والمنغنيز على جانبي وادي عربة على شكل طبقات محدودة وغير منتظمة (Stratabound). وتتركز بشكل رئيسي في منطقة فينان وفي صخور العصر الكامبري في وحدة الدولومايت ــ الحجر الجيري ــ الطفال. و يعتقد بأن النحاس كان معروفاً في وادي عربة منذ أزمان بعيدة تصل الى ثلاث آلاف سنة قبل الميلاد. ولا تزال حتى الآن بقايا الأفران لاستخلاص النحاس وربما الحديد في مناطق فينان وصبرا. و يبين شكل (٢ ــ ١) المواقع المختلفة على طول وادي عربة. ولقد استغل الأنباط (٢٠٠ قبل الميلاد وحتى ١٠٠ بعد الميلاد) والرومان والمسلمون هذه الخامات في فترات متقطعة. ولقد بدأت الدراسات الجدية لهذه الخامات عام ١٩٦١ بواسطة البعثة الجيولوجية الألمانية التي أوصت باستكمال الدراسات. و بناء على ذلك قامت شركة أتوجولد الاستشارية عام ١٩٦٤ (١١) (Gold, 1964) بدراسة الخامات الموجودة في منطقة أبو خشيبة وتوصلت الى اثبات ثمانية ملايين طن من خامات النحاس (معدل نسبة النحاس ٦٤ر٠٪). ثم قام قسم التعدين في سلطة المصادر الطبيعية بدراسات عديدة لهذه الخامات بينت توزيعها وامكانية استغلالها، وتم تلخيص نتائج الدراسات (١٠) (Nimry, 1973) حيث تبين أن احتياطي خامات النحاس في وحدة الدولومايت ــ الحجر الجيري ــ الطفال هي ٧ر٣٥ مليون طن متري (متوسط تركيز النحاس ٣٦ر١٪) وأن احتياطي خامات المنغنيز هي ٥ر١ مليون طن متري (متوسط تركيز المنغنيز ٢٩٪) وهنالك احتياطي اضافي يقدر بحوالي ٥٠ مليون طن متري من النحاس وثلاثة ملايين طن متري من المنغنيز. أما وحدة الحجر الرملي الملون والتي تعلو وحدة الدولومايت ــ الحجر الجيري ــ طفال فتحوي خامات النحاس بشكل غير منتظم بمتوسط تركيز (٦٥ر٠٪)، وقدر الاحتياطي الأولي بثلاثة ملايين طن متري. وفي عامي ١٩٧٥ و١٩٧٨ قامت شركات استشارية مثل BRGM, SEL بدراسة الجدوى الاقتصادية لمشروع النحاس، وأعطى رقم ١٥ مليون طن متري منه بتركيز ٣ر١٪.

الطبقات الحاملة لخامات النحاس والمنغنيز

تتكشف صخور القاعدة في الجزء الجنوبي على الجانب الشرقي من وادي عربة وتعلوها في شكل عدم توافق طبقات من الحجر الرملي القاري العديد الألوان والأعمار الذي يعرف بالحجر الرملي النوبي. وتتغير السحنات الجيرية ــ الدولوماتية ــ الطينية ذات البيئة البحرية لتصبح رملية بحرية ثم رملية قارية كلما اتجهنا الى الجنوب الشرقي. وكذلك تزداد سماكة السحنات الكربوناتية البحرية كلما اتجهنا الى الشمال وحتى منطقة الصافي. و يبين شكل (٢ ــ ٢) التغيرات الصخرية على طول وادي عربة. وتقسم الصخور من الأسفل الى الأعلى الى ثلاث وحدات يمكن مضاهاتها مع الصخور المتكشفة في منطقة تمنا (شكل ٢ ــ ٣) :ــ



شكل (٢ ــ ١) مواقع خامات النحاس والمنغنيز على طول وادي عربة.



شكل (٢ ـ ٢) التغيرات الصخرية على طول وادي عربة (١١)

منطقة ضانا			منطقة تمنا
كريتاسي أسفل (طباشيري)	وحدة الحجر الرملي الأبيض	حجر رملي أبيض كتلي	الحجر الرملي الأرضي (طباشيري أسفل) (وحدة أقونا) عقد نحاسي (تكوين أمير)
جوراسي كريتاسي (طباشيري)		حجر رملي أبيض متطبق	رملي ناعم (جوراسي - طباشيري أسفل)
			فترة عدم ترسيب (تكون خامات النحاس)
الكامبري العلوي	وحدة الحجر الرملي البني الكلسي	حجر رملي سميك وصفر وأحمر مصفر	حجر رملي ملون (الوحدة الملونة). حجر رملي أبيض (الوحدة البيضاء).
	وحدة الحجر الرملي الملون	حجر رملي بني متوسط التحبب	حجر رملي اركوزي (الوحدة عديمة الألوان).
كامبري أوسط	وحدة الحجر الجيري الدولوميتي الطفال	(تركيز النحاس والمنغنيز) طفال علوي تركيز النحاس والمنغنيز دولوميت طفال سفلي	حجر رملي علوي (تكوين ميتيط) (تكوين نيحوشتان) دولوميت (تكوين سرمه) حجر رملي سفلي (تكوين ماخلد)
كامبري أسفل	وحدة الحجر الرملي الأركوزي	كونجلوميرات القنوات حجر رملي اركوزي تظهر فيه تركيز النحاس	الحجر الرملي النوبي
ما قبل الكامبري	صخور القاعدة	جرانيت و ريولايت	الجرانيت والريولايت البورفيري.

شكل (٢ ـ ٣) مضاهاة الصخور في مناطق ضانا وتمنا

وحدة الحجر الرملي الأركوزي

The Bedded Arkose Sandstone Unit.

وتتبع صخور هذه الوحدة العصر الكامبري الأسفل وتعلو بشكل عدم توافق سطح التعرية وتتكون من حجر رملي أركوزي وردي متوسط ـ خشن الحبيبات، تتميز بالتطبق المتقاطع و بوجود تقاطعات من الطفال السلتي الغني بالميكا. وتبلغ سماكة الوحدة ٥٠ ـ ٧٠م، و يمكن مشاهدة صخور القاعدة الحامضية تعلوها صخور الحجر الرملي الأركوزي في منطقة وادي أبو خشيبة، كما أن هناك كثيراً من عقد الريولايت الغنية بالنحاس والمنغنيز.

وحدة الحجر الجيري ـ الدولومايت ـ الطفال

The Dolomite-Limestone-Shale Unit

تبلغ سماكة هذه الوحدة حوالي ٤٠م و يتكون الجزء الأسفل من الحجر الرملي الدولوميتي والطفال الأحمر والبني الذي تتخلله تقاطعات من الطفال الميكائي. و يتميز بكثرة الفواصل والكسور. أما الجزء الأوسط فيتكون من الحجر الرملي الدولوميتي الذي يتدرج الى دولومايت و يصبح في منطقة فينان غنياً بترسبات النحاس والمنغنيز. والجزء العلوي من هذه الوحدة يتكون من حوالي ٧ أمتار من الدولومايت والحجر الجيري الذي تعلوه طبقات من السلت والطفال. وتوجد خامات النحاس والمنغنيز كمادة لاحمة في الجزء العلوي وكجيوب وعروق و بين مستو يات التطبق. وفي منطقة ضانا توجد خامات النحاس والمنغنيز معاً على شكل عقد كبيرة تملأ الفواصل والشقوق، وتتغير سحنات هذه الوحدة وسماكاتها الى الشمال حتى منطقة الصافي وتصبح طبقات دولومايت مع تركيز محلي لخامات النحاس على شكل قشور وأصباغ وعبوات في الكسور والشقوق. وتدل دراسة النظائر المستقرة للكربون والأكسجين على أن الصخور الكربوناتية ترسبت في بيئة بحرية (شكل ٢ ـ ٤).

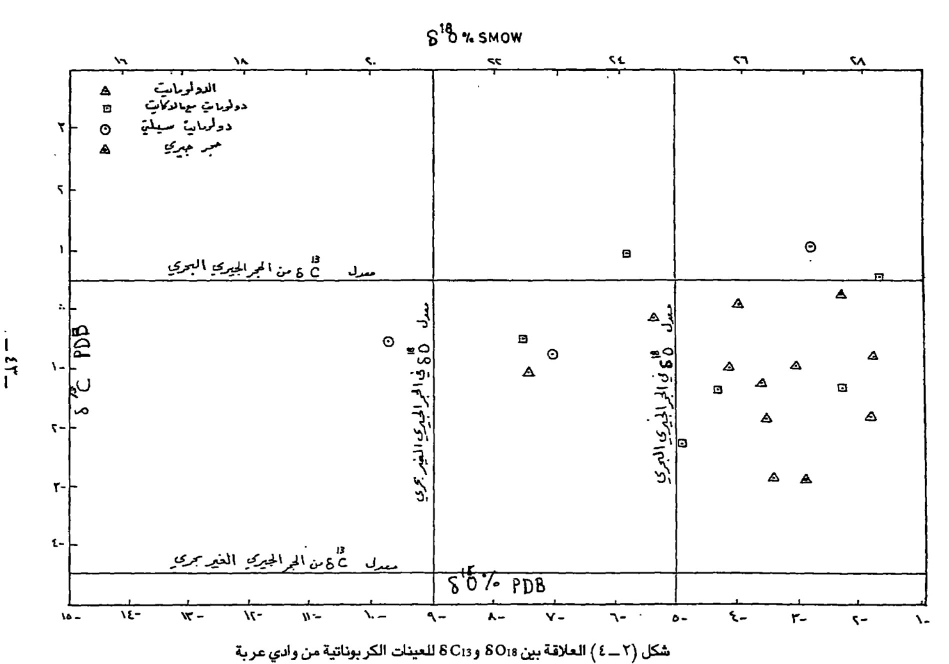
تتابع الحجر الرملي النوبي The Nubian Sandstone Sequence

و يشمل جميع الصخور الرملية التي تعلو صخور القاعدة النارية في الأردن والأقطار المجاورة. يطلق على الصخور الرملية التي تعلو وحدة الحجر الجيري ـ الدولومايت ـ الطفال بتتابع الحجر الرملي النوبي. وتبلغ سماكته بضع مئات من الأمتار. و يتكون من الصخور الرملية القارية، و يتبع جزء منه لحقب الحياة المتوسطة، وهو يقسم من الأسفل الى الأعلى الى أربع وحدات :ـ

١. وحدة الحجر الرملي الملون المتنوع الحبيبات

The Variegated Sandstone Unit.

تتركز أكاسيد الحديد كمادة لاحمة في هذه الوحدة التي تصل سماكتها الى ١٠٠م في منطقة أبو خشيبة. وفي منطقة فينان تتركز أكاسيد الحديد على شكل هيماتيت كتلي مع



شكل (٢ ـ ٤) العلاقة بين δO_{18} و δC_{13} للعينات الكربوناتية من وادي عربة

خامات النحاس والمنغنيز على شكل مادة لاحمة أيضاً، أو تملأ الفراغات في الجزء السفلي الذي يفصل هذه الوحدة عن وحدة الحجر الجيري ـ دولومايت ـ طفال.

٢. وحدة الحجر الرملي البني الكتلي

The Massive Brownish Sandstone Unit

وتتكون من طبقات سميكة من الحجر الرملي، و يكون الجزء السفلي منها (١٨٠م) ناعم ـ متوسط الحبيبات، أما الجزء العلوي (١٥٠م في فينان) فيتكون من حجر رملي متطبق بني اللون.

٣. وحدة الحجر الرملي الكتلي الأبيض:

The White Massive Sandstone Unit

وتتكون من طبقات سميكة من الحجر الرملي الكتلي الأبيض الخشن والمتوسط الحبيبات حيث تبلغ سماكتها ١٨٠م و يمكن أن تتبع العصر الكريتاسي الأسفل، على الرغم من أنها جميعها أو الأجزاء السفلى منها تتبع العصر الأوردوفيشي.

٤. وحدة الحجر الرملي المتعدد الألوان: ـ

The Varicoloured Sandstone Unit

و يتكون الجزء السفلي من هذه الوحدة من الحجر الرملي الناعم والمتوسط الحبيبات حيث تتخلله طبقات من الطفال. أما الجزء الأوسط فيتكون من الحجر الرملي المتطبق المتوسط والخشن الحبيبات. وأما الجزء العلوي فيتكون من الحجر الرملي الخشن المتدرج الى الناعم. وهي على الأغلب من العصر الكريتاسي الأسفل.

تراكيب المناطق الحاملة لخامات النحاس والمنغنيز: ـ

يمتد وادي عربة من خليج العقبة الى البحر الميت حيث يفصل الكتلة الفلسطينية من الغرب عن كتلة شرق الأردن في الشرق. و يتأثر وسط المنطقة بوجود صدعين رئيسيين برميات عمودية وهما صدع وادي ضانا وصدع وادي سلوان اللذان يتجهان شرق شمال شرق ـ غرب جنوب غرب، وشرق غرب على التوالي. و يعتقد بأن صدوع الدفع العلوي overthrust مصاحبة للحركة الأفقية على جانبي وادي عربة. وتوجد صدوع كثيرة أخرى ذات امتدادات أقل وتتجه شمال ٢٠ درجة شرق، وشمال ١١٠ درجات شرق وشمال ١٦٠ درجة شرق حيث تؤثر هذه الصدوع على تكوين كتل جبلية تتدرج نحو وادي عربة بمعدل ميل ٢٠ درجة. ولقد أوضح (٥) Bender, 1982 بأن الرسوبيات في وادي عربة ترسبت على شريط الرف المستقر لبحر التيثس وهي منطقة تداخل الرواسب القارية والشاطئية والبحرية التي أدت الى تغيرات سحنية وعدم توافق طبقي نتيجة توقف الترسيب وتتابع تقدم البحر وانحساره، و يعتقده بأن الحافة الشمالية للدرع العربي النوبي كانت تحتل الأجزاء الجنوبية من الأردن وفلسطين. ولمزيد من التفاصيل عن جيولوجية وادي عربة وتراكيبه راجع (٥) Bender, 1982.

أشكال خامات النحاس والمنغنيز وتركيبها المعدني :

في دراسة قام بها المؤلف (١٢) Khoury, 1986 على طول الجانب الشرقي من وادي عربة تبين بأن خامات النحاس والمنغنيز تنحصر في الجزء السفلي من وحدة الحجر الرملي الملون والجزء العلوي من وحدة الحجر الجيري ــ دولومايت ــ طفال. وتصل سماكة الطبقات الحاملة للخام الى أكثر من ٤ أمتار. وفي وحدة الحجر الرملي الملون فان معدن النحاس الأساسي هو المالاكيت (Malachite, $Cu2CO_3 (OH_2)$) يصاحبه معادن الكو بريت (Cuprite, Cu2O) والهيماتيت (Hematite, Fe2O3). وتنتشر قطع الصخور البورفيريه الغنية بمعادن النحاس الثانو ية المالاكيت والكريزوكولا (Chrysocolla, Cu4H4Si4O10 (OH)8) في هذه الوحدة وخاصة في منطقة أبو خشيبة التي هي نتيجة مباشرة للتجو ية الكيماو ية للقطع الصخرية البورفيرية. و يعتقد بأن صخور الريولايت من عصر ما قبل الكامبري كانت غنية بكبريتيدات النحاس الأولية التي ترسبت على شكل قطع ريولايت في الوحدات الصخرية التي تعلوها.

أما في وحدة الحجر الجيري ــ الدولومايت ــ الطفال فان المالاكيت والكريزوكولا هما المكونان الرئيسيان لخامات النحاس، و يتركز اكسيدا المنغنيز البسيلوميلين والبيرولوزيت (Psilomelane Ba Mn+2 Mn+4 O16 OH4, Pyrolusite, MnO2) في وادي ضانا. وتوجد في منطقة فينان معادن نحاس ثانو ية كثيرة مثل أزيوريت (Azurite, $Cu_3 (CO_3) 2 (OH)_2$) وأتاكاميت (Atacamite, $Cu2Cl(OH)_3$) و بسيدومالاكايت (Pseudomalachite Cu5 $((OH)_4 PO_4) 2$) و بروشانتيت (Brochantite, Cu4SO4 (OH) 6) وكو بريت ونحاس فلزي و بلانشيت (Plancheite, 3Cu SiO3.H2O) وكالكو بيريت (Chalcopyrite Cu FeS2) و بورنيت (Bornite, $Cu_5Fe S_4$) وكالكوسيت (Chalcocite, Cu2S) ودوفايت (Duffite, Pb Cu OH AS5 O4) وتينوريت (Tenorite, CuO) وكردنيريت (Crednerite, CuO.Mn2O3) ودلافوسيت (Delafossite, Cu2O. Fe2O3).

و يمكن تلخيص أشكال التمعدن لخامات النحاس والمنغنيز على جانبي وادي عربة كما يلي :ــ

١. عقد من كبريتيدات النحاس الأولية مثل الكالكوسيت والبورنيت والكالكو بيريت يصحبها عادة معادن ثانو ية مثل المالاكيت والكريزوكولا في الحجر الرملي الكامبري الأبيض الناعم في وادي أبو خشيبة وفي الحجر الرملي الكرنبي من العصر الطباشيري (الكريتاسي) السفلي في منطقة تمنا حيث وجدت عقد من الكبريتيدات تصل الى ١ كجم و يعتقد بأنها نتيجة الاحلال لبقايا نباتات (١٦) (Slatikine, 1961). ومما يجدر ذكره أن كبريتيدات النحاس الأولية وجدت في الأردن فقط في خربة النحاس.

٢. قطع الريولايت المنقولة من صخور ما قبل الكامبري المترسبة في الحجر الرملي الكامبري والتي تحمل معادن النحاس الثانو ية مثل الكو بريت والمالاكيت والكريزوكولا.

٣. يوجد المالاكيت والكريزوكولا في الحجر الرملي والسلتي الكامبري في مناطق أبو خشيبة وتمنا والمالاكيت على طول وادي عربة في وحدة الحجر الجيري ـ الدولومايت ـ الطفال على شكل احلالات، وكمادة لاحمة ومالئة للقنوات والفواصل و بين مستو يات التطبق. و يعتقد بأن أصل المالاكيت ناتج عن تفاعل المحاليل الغنية بالنحاس مع الصخور الكربوناتية (١٨ر٢) (Bender, 1965; Weissbrod, 1969)

وكذلك توجد عقد كبيرة كتلية من المنغنيز الحامل للنحاس وخاصة في منطقة ضانا في وحدة الحجر الجيري ـ الدولومايت ـ الطفال. كما توجد معادن المالاكيت والكريزوكولا الثانو ية على طول الشقوق والفواصل في العقد الكلو ية الشكل المكونة أساساً من أكاسيد المنغنيز.

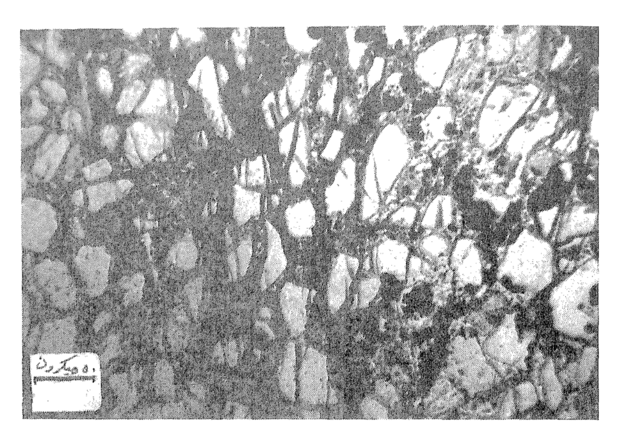
كيماو ية الصخور الحاملة لخامات النحاس والمنغنيز و بترولوجيتها

أ) وحدة الحجر الرملي الملون المتنوع الحبيبات

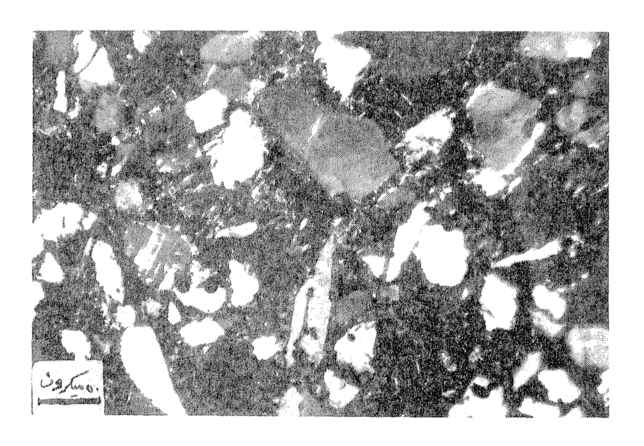
بينت الدراسة الميكروسكو بية لهذه الوحدة بأن الكوارتزهو المكون الأساسي لهذه الصخور. وتوجد قطع من الصخور النارية الحامضية المتداخلة والبركانية والكوارتز والأورثوكليز والبلاجيوكليز كمكونات جانبية أو نادرة. وتظهر نواتج التجو ية الكيماو ية للفيلدسبار على شكل معادن طينية ومسكوفيت وسيريسيت.

وتزداد نسبة البيوتيت المتجوي جزئياً أو كلياً الى كلوريت كلما اتجهنا شمالا وحتى منطقة الصافي. أما المعادن الاضافية فهي المعادن المعتمة والزكون والتورمالين والروتايل. و يدل التركيب المعدني لوحدة الحجر الرملي الملون المتنوع الحبيبات على أن الصخر الأم هو ناري حامضي مع أنه تم التعرف على معادن قليلة من الهورنبلند والبيروكسين والأوليفين ذات الأصل القاعدي. ان شكل الحبيبات غير المنتظم ذات الزوايا الحادة يدل على أن مسافة النقل كانت قصيرة، وهذه الصخور مدعومة بالحبيبات، كما أنها على درجة عالية من النضج المعدني والنسيجي، وتتكون الأرضية في بعض الحالات من المعادن الطينية والمواد اللاحمة مثل الدولومايت. وهناك احلالات متأخرة لخامات النحاس والمنغنيز على حساب التكو ين المعدني للحجر الرملي، ولقد عانت هذه الصخور من تشوهات وكسور نتيجة للحركات الضاغطة التي نتج عنها تشو يه لبلورات الميكا وتكسر لحبيبات الكوارتز. و يبين شكل (٢ ـ ٥) الكسور في حبيبات الكوارتز واحلال اكاسيد المنغنيز للكوارتز في مراحل متأخرة. كذلك يبين شكل (٢ ـ ٦) نمو معادن النحاس والمنغنيز على حساب الأرضية الطينية الناعمة أو معادن الفيلدسبار والكوارتز.

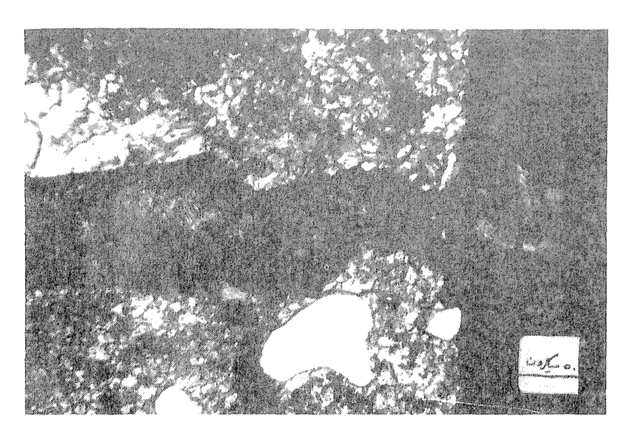
وتظهر خامات النحاس في هذه الوحدة على شكل مادة لاحمة لحبيبات الحجر الرملي أو على شكل جيوب خضراء اللون موزعة في الطبقات وتتراوح نسبة النحاس حسب تقارير سلطة المصادر الطبيعية ما بين ٠١ر٠ ـ ٣ر١٪ بمتوسط ٦٥ر٠٪.



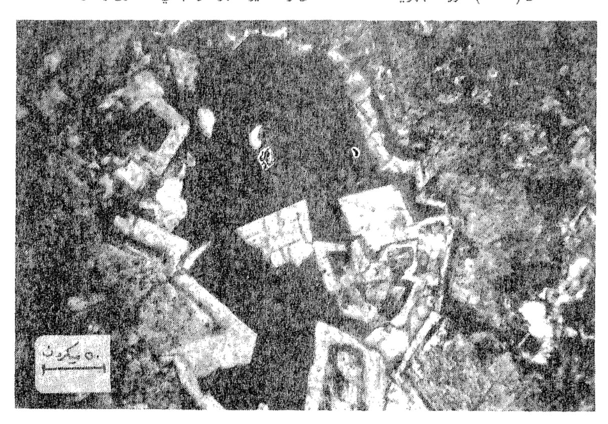
شكل (٢ ــ ٥) صورة مجهرية لخامات المنغنيز تملأ الشقوق في الكوارتز وتنتشر على حساب الأرضية الطينية.



شكل (٢ ــ ٦) صورة مجهرية لخامات النحاس والمنغنيز تنتشر على حساب الأرضية الناعمة.



شكل (٢ ـ ٧) صورة مجهرية لخامات النحاس والمنغنيز تظهر مترسبة في الشقوق والفراغات.



شكل (٢ ـ ٨) صورة مجهرية لخامات النحاس والمنغنيز في الدولومايت وتبدو مراحل الاحلال واعادة تكو ين الدولومايت المعيني الشكل.

ب) وحدة الحجر الجيري ــ الدولومايت ــ الطفال

بينت دراسة معدنية قام بها المؤلف (١٢) (Khoury, 1986) للجزء العلوي من هذه الوحدة البحرية الترسيب بأنها تتكون من الكوارتز والفيلدسبار والمعادن الطينية (اليت وكاولين ومسكوفيت وسيريسيت وكلوريت) ودولومايت (كمادة لاحمة) اضافة الى معادن المنغنيز والنحاس والحديد (كمواد لاحمة متأخرة). و يبين الجدولان رقم ٢ ــ ١ و ٢ ــ ٢. التركيب الكيماوي للعناصر الأساسية والجانبية. وتصل نسبة أكسيد المنغنيز الى ١٠٪ في وادي خالد، بينما تصل نسبة اكسيد الحديد الى ٩٪ في وادي عسال و وادي خالد، والنحاس ٣ر١٪ في وادي خالد، والباريوم ١ر٣٪ في منطقة تقاطع غور الصافي ــ الكرك، والرصاص ٨ر٠٪ في وادي خالد. ولا توجد أية علاقة طردية بين تركيز هذه العناصر ونسبة المعادن الطينية. وتنمو معادن النحاس والمنغنيز والحديد على حساب الأرضية الطينية والمعادن الأساسية المكونة للجزء العلوي من الوحدة وفي الفراغات والشقوق (شكل ٢ ــ ٧).

ودلت دراسة الدولومايت أن هناك اعادة للتبلور وازدياداً في حجم البلورات المعينية، وتنمو معادن النحاس والمنغنيز والحديد على حساب الدولومايت في مراحل عديدة حتى بعد اعادة التبلور (شكل ٢ ــ ٨). وكما هو مبين في شكل (٢ ــ ٤) فان دراسة النظائر المستقرة للكربون والأوكسجين

(δ13C‰ (-1.9) - (+1) PDB, δ18 0‰ (-9.7) - (-1.7) PDB)

لعينات الدولومايت والحجر الجيري دلت على أنها تقع ضمن رواسب الحجر الجيري البحري.

وتتدرج خامات الحديد ثم النحاس والمنغنيز ثم النحاس من الأعلى الى الأسفل في وحدة الحجر الجيري ــ الدولومايت ــ الطفال في منطقة فينان.

نشأة رواسب النحاس والمنغنيز في وادي عربة

كتب العديد من الباحثين عن نشأة رواسب المنغنيز في وحدة الحجر الجيري ــ الدولومايت ــ الطفال. و بين بعضهم أنها ترسبت متزامنة مع الصخور المحيطة (٢، ٦، ٨، ٩، ١٥، ١٧) Black and Ionides, 1939; Sturm, 1953; Bentor, 1956; Nimry, 1967; Van den Boom, 1969; Basta and Sunna, 1972).

بينما بين بعضهن الآخر بأنها كانت نتيجة عمليات احلال متأخرة (٧) (Benson, 1952) أو ذات أصل حرمائي (١٠، ١٢) (Mckelvy, 1959; Demag, 1960) أما رواسب النحاس فلقد ناقش نشأتها الرسوبية (٦، ١٣) Bentor, 1956, Gold, 1964 ولقد بين (١٥) Nimry, 1973 بأن خامات النحاس في وحدة الحجر الرملي الملون والمتعدد الحبيبات تكونت نتيجة الترسيب بواسطة المحاليل المتخللة الى أسفل حيث تم الاحلال المتبادل بينها و بين المكونات المعدنية للصخور الرملية. أما (٥) Bender, 1982 فقد أكد أن ترسيب النحاس كان متزامناً مع ترسيب الصخور المحيطة.

جدول (٢ ـ ١) التركيب الكيماوي للعناصر الأساسية من وحدة الحجر الجيري ـ الدولومايت ـ الطفال

المنطقة	Sample No.	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	SO_3	LOI	Sum%
وادي عسال	K2	58.65	0.77	16.00	9.83	0.02	1.62	0.59	0.18	6.51	0.76	0.11	4.90	99.94
	K3	55.87	0.81	17.42	6.70	0.02	0.61	0.66	0.15	6.77	0.08	1.22	6.50	99.81
	K11	66.64	0.39	11.09	2.82	0.35	3.03	2.97	0.14	5.51	0.10	0.29	6.50	99.81
	K14	55.89	0.64	17.54	4.97	0 07	3.74	1.37	0.19	6.38	0.18	0.10	8.00	99.08
وادي محجوب	K23	56.04	0.29	8.49	2.20	0.96	4.89	8.51	0.12	5.27	0.03	0.07	12.90	99.77
وادي خالد	K42	62.20	0.47	12.15	2.87	5.39	1.34	0.65	0.54	5.56	0.30	0.11	5.80	97.36
	K47	55.22	0.63	18.53	4.68	0.31	2.40	2.14	0.45	6.66	0.19	0.18	8.00	99.39
	K51	54.54	0.40	12.52	8.25	0.03	1.65	3.36	1.02	4.79	0.09	3.06	9.90	99.60
	K54	58.76	0.68	16.03	4.62	0.11	3.40	0.39	0.80	6.96	0.11	0.04	6.30	98.19
	K55	53.26	0.71	12.9	14.84	10.29	1.66	0.24	0.38	5.20	0.10	0.09	6.40	96.09
خربة الجارية	K56	64.14	0.56	15.83	5.22	0.16	1.67	0.18	0.41	5.20	0.04	0.04	5.10	98.55
تقاطع الصافي الكرك	K63	49.32	0.74	16.98	6.21	0.10	4.34	3.76	0.42	6.34	0.21	0.08	1 40	99.90
	K65	59.50	0.69	14.95	6.04	0.03	1.30	0.39	0.10	6.12	0.19	2.46	3.40	95.15
	K67	55.05	0.73	17.59	5.70	0.12	3.42	1.96	0.05	7.18	0.21	0.10	7.40	99.51

جدول (٢ ـ ٢) التركيب الكيماوي للعناصر الشحيحة

من وحدة الحجر الجيري ـ الدولومايت ـ الطفال (جزء بالمليون)

المنطقة	Sample	Ba	Ce	Co	Cr	Cu	La	Nb	Ni	Pb	Rb	Sc	Sr	Th	V	Y	Zn	Zr
وادي عسال	K2	792	208	13	60	15	176	16	36	7	324	15	576	17	90	66	0	394
	K3	764	127	14	96	8	145	16	30	0	302	18	251	8	103	29	64	339
	K11	733	48	16	40	19	111	2	37	0	153	8	82	0	48	24	56	114
	K14	637	105	19	85	24	146	9	45	26	200	15	128	11	94	22	58	195
وادي محجوب	K23	1594	62	34	25	738	93	6	43	44	134	7	114	3	27	25	342	230
وادي خالد	K42	7927	74	66	80	6283	115	4	46	8116	125	12	164	53	89	32	446	353
	K47	729	70	33	77	3849	115	11	104	124	214	21	126	13	89	11	768	153
	K51	364	101	30	139	1206	136	6	56	7	158	12	469	15	189	24	105	251
	K54	513	62	49	70	14125	151	9	112	9	226	16	86	9	77	13	297	122
	K55	8854	50	79	47	11923	164	11	65	7519	120	18	296	48	142	36	343	284
خربة الجارية	K56	533	56	42	72	4920	114	7	108	63	184	10	170	8	60	10	286	158
تقاطع الصافي الكرك	K63	449	122	27	95	124	127	10	50	41	210	15	427	20	102	34	89	202
	K65	39063	0	18	51	115	86	13	58	37	151	9	878	10	71	25	40	175
	K67	501	93	23	103	160	138	12	65	0	255	16	267	21	122	30	51	110

ان تركيز تمعدن خامات المنغنيز في أسفل وحدة الحجر الرملي الملون متنوع الحبيبات والجزء العلوي من وحدة الحجر الجيري ـ الدولومايت ـ الطفال يأخذ أشكالا عديدة وغير منتظمة في الشقوق والفواصل والكسور الناتجة عن الانضغاط التكتوني أو مترسباً نتيجة الاحلال المتأخر لمكونات هذه الصخور و يظهر على شكل بقع سوداء في داخل الطبقات و بينها أو على شكل طبقات متبادلة (varved-like). و يطغي التمعدن الكتلي (العقدي) في الفراغات

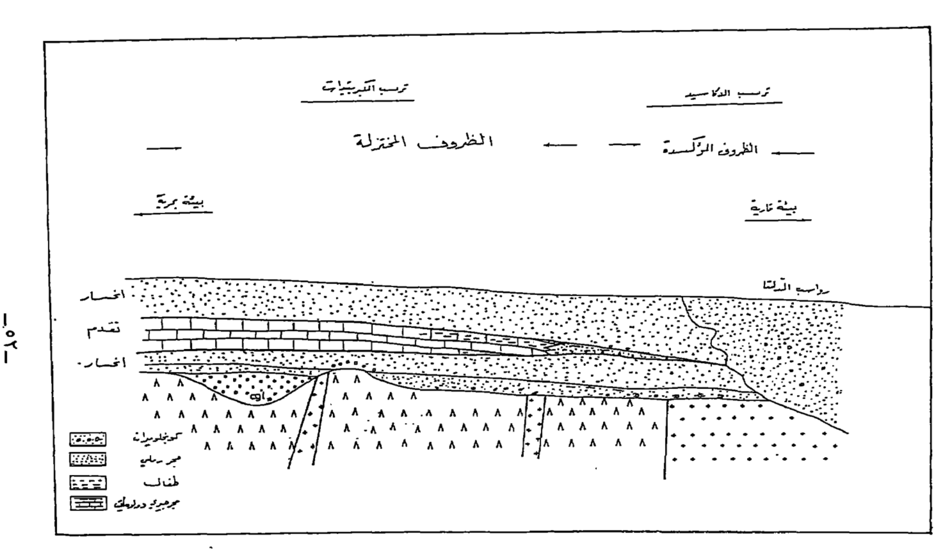
المفتوحة على أشكال خامات المنغنيز. وتتميز هذه العقد بنسبة عالية لأكسيد المنغنيز تصل الى أكثر من ٦٠٪ حيث يوجد النحاس مصاحباً بتركيز يصل الى ٢٪.

أما تمعدن خامات النحاس فيشبه الى حد كبير خامات المنغنيز حيث تملأ الفراغات والشقوق وتتركز بين مستو يات التطبق وتترسب على حساب المكونات الأساسية السفلى من وحدة الحجر الرملي الملون والمتنوع الحبيبات، والجزء العلوي من وحدة الحجر الجيري الدولومايت ـ الطفال وتظهر على شكل بقع ورقائق خضراء اللون. وفي بعض الأمثلة تحل أكاسيد المنغنيز محل رواسب النحاس في المراحل المتأخرة. ولقد بينت الدراسات الميدانية والمخبرية في منطقة فينان وجود أربعة نطاقات مميزة من الأعلى الى الأسفل.

١. نطاق غني بأكاسيد الحديد (الهيماتيت) مع قليل من أكاسيد المنغنيز.
٢. نطاق غني بأكاسيد المنغنيز مع قليل من أكاسيد النحاس والمنغنيز.
٣. نطاق غني بأكاسيد النحاس والمنغنيز مع قليل من أكاسيد الحديد.
٤. نطاق غني بأكاسيد النحاس مع قليل من أكاسيد الحديد والمنغنيز.

و يلاحظ ترابط عناصر الحديد والمنغنيز والنحاس مع بعضها بعضاً من حيث النشأة. و يعتقد بأن مصدر هذه العناصر هو صخور القاعدة المعقدة. ان مصدر النحاس هو صخور الريولايت والصخور المتحولة ذات الأصل الرسو بي. وتوجد أكاسيد النحاس (الكو بريت) في صخور الريولايت والصخور المتحولة بشكل مميز في منطقة وادي أبو خشيبة. ولم يجزم حتى الآن ما اذا كان الكو بريت أولي النشأة أو ثانوي النشأة ناتجاً عن أكسدة الكبريتيدات. أما مصادر المنغنيز والنحاس فيعتقد بأنها العروق الحرمائية العديدة في صخور البريكامبري كتلك الموجودة جنوب تمنا والصخور القاطعة القاعدية والمتحولة من أصل رسو بي. ونتيجة لعمليات التجو ية، انتقلت عناصر الحديد والمنغنيز والنحاس الى البحر وترسبت مع رسو بيات العصر الكامبري. و يكون النحاس ذائباً على شكل Cu^{+1}, Cu^{+2} في الظروف الحامضية والمؤكسدة و يترسب على شكل أكاسيد وكر بونات اذا ارتفع المعامل الحامضي الى أكثر من ٣ر٦. أما المنغنيز والحديد فيذو بان في الظروف المختزلة والحامضية. و بالتالي فان الظروف القلو ية والمؤكسدة تؤدي الى ترسيب أكاسيد المنغنيز والحديد، وتترسب مركبات الحديد عادة قبل المنغنيز الذي يبقى ذائباً، حيث يحتاج الحديد الى جهد أكسدة أقل.

و يوضح شكل (٢ ـ ٩) عمليات الترسيب خلال عمليات تقدم البحر وانحساره. وقد ترسبت قطع الريولايت الصخرية الحاملة للنحاس والفتات الصخري في فترة انحسار البحر. وعندما تقدم البحر من الغرب تكونت بيئة مختزلة أدت الى ذو بان أكاسيد النحاس والمنغنيز والحديد وأعيد ترسيبها على شكل كبريتيدات في المناطق الفقيرة بالأوكسجين (بيئة مختزلة). وأدت عمليات تتابع انحسار البحر وتقدمه في الفترات اللاحقة الى ذو بان وترسيب الكبريتيدات والأكاسيد والكر بونات من العصر الكامبري وحتى الطباشيري (الكريتاسي)



شكل (٢ ـ ٩) نموذج يبين عمليات ترسيب خامات النحاس والمنغنيز والحديد خلال تقدم البحر وانحساره على طول وادي عربة.

الأسفل حيث تعاقبت البيئات القارية والبحرية. ولقد كان أعلى تركيز لأكاسيد الحديد والمنغنيز والنحاس في طبقات الحجر الرملي النوبي القاري الذي يحتوي على الحجر الرملي الكرنبي (طباشيري أسفل).

و يتميز الحجر الرملي الكرنبي في الأردن بوجود ترسبات من الفحم والطفال الغني بالمواد العضوية والمركزيت والبيريت (١) Marcasite and Pyrite (Abed, 1978).

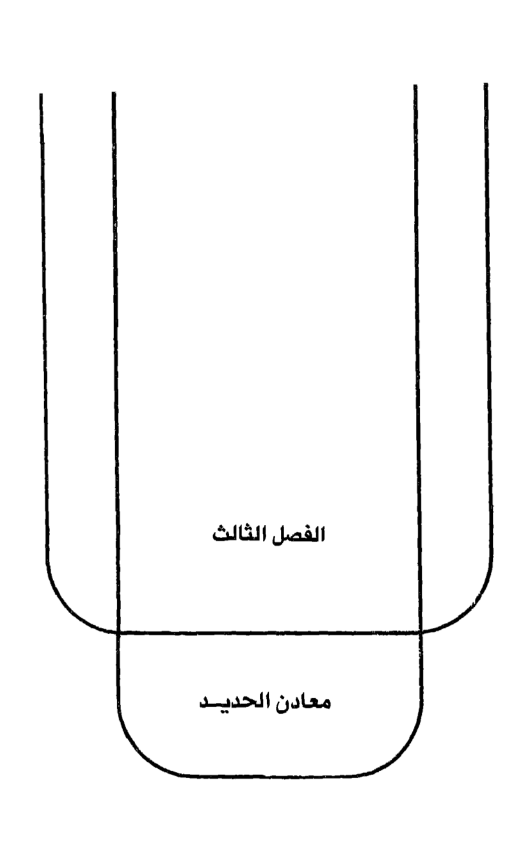
ولقد خلقت مثل هذه الترسبات بيئة حامضية ومختزلة في المياه الجوفية المتخللة الى أسفل في طبقات الحجر الرملي النوبي الغني بأكاسيد الحديد والمنغنيز والنحاس. ان تخلل المياه الجوفية الحامضية والمختزلة كان الشرط الأساسي لتحرك عناصر الحديد والمنغنيز والنحاس الى أسفل واعادة ترسيبها في الجزء السفلي لوحدة الحجر الرملي الملون متنوع الحبيبات والجزء العلوي من وحدة الحجر الجيري ـ الدولومايت ـ الطفال. ولقد لعبت عوامل درجات الأكسدة والجامضية والنفاذية والمسامية للصخور دوراً هاماً في ترسيب خامات النحاس والمنغنيز والحديد على شكل نطاقات. ولقد ترسب الحديد أولا ثم المنغنيز وأخيراً النحاس. وتترسب أكاسيد الحديد في مدى واسع من درجات الحامضية ـ القلوية والأكسدة بينما تترسب أكاسيد المنغنيز تحت ظروف عالية من القلوية والأكسدة. وتترسب أكاسيد وكربونات النحاس في الظروف القلوية والمؤكسدة في وقت لاحق وذلك بسبب درجة الذوبان العالية للنحاس. ولقد تبع عمليات الترسيب والاحلال الرئيسية تحركات وترسبات ثانوية اعتمدت على الظروف المحلية الموجودة من حيث درجات الحامضية ـ والأكسدة. وساعدت الكسور والشقوق والفواصل والنفاذية العالية في وحدة الحجر الرملي الملون والمتنوع الحبيبات على حركة المياه المتخللة الى أسفل حيث ترسبت الخامات المختلفة عند الجزء العلوي غير المنفذ لوحدة الحجر الجيري الدولومايت ـ الطفال وامتدت الى الجزء السفلي من وحدة الحجر الرملي الملون المتنوع الحبيبات.

ان ذوبان النحاس واعادة ترسيبه على شكل كربونات وسيليكات يظهر بوضوح في طبقات الحجر الرملي في الجزء السفلي لوحدة الحجر الجيري ـ الدولومايت ـ الطفال وخاصة في وادي ضانا، وكذلك فان التجوية الكيماوية لقطع الريولايت في الحجر الرملي الأركوزي أدت الى تكوين كربونات وسيليكات النحاس الثانوية في هذه الوحدة.

ان نظرية الترسيب اللاحق لخامات النحاس والمنغنيز والنحاس بواسطة المحاليل المتخللة الى أسفل تؤيدها توضعات الخامات المحلية غير المنتظمة في الشقوق والفواصل و بين الطبقات وعلى مستويات التصدع. وكذلك فان اختلاف سماكة الخامات خلال مسافات قصيرة وزيادة تركيز عناصر الباريوم والرصاص المصاحبة للخامات تؤيد نظرية الترسيب اللاحق، ولا تلغي هذه النظرية بأي حال من الأحوال وجود ترسبات متزامنة للخامات مع الصخور الرسوبية من العصر الكامبري وحتى الطباشيري الأسفل.

References

1. Abed, A., 1978 : A coal horizon at the lower most Kurnub, north Jordan, Dirasat, 5 : 34-44.
2. Basta, E., and Sunna, B., 1972: The manganese mineralization at Feinan District, Jordan, Bull. Fac. Sc., U of Cairo, 44 : 111-126.
3. Bender, F., 1965: Zur Geologie der Kupferez-Vorkommen am Ostrand des Wadi Araba, Jordanien, Geol. Jb., 83: 181-208.
4. Bender, F., 1974 : Explanatory notes on the geological map of Wadi Araba, Jordan. Geol. Jb. Bull. 10: 3-62.
5. Bender, F., 1982: On the evolution of the Wadi Araba Jordan Rift, Geol. Jb. Bull. 45: 3-20.
6. Bentor, J., 1956 : The manganese occurrences at Timna, a lagoonal deposit, XX Cong. Geol. Inter. Symp. Mexico.
7. Benson, W., 1952: Investigation of mineral resources of Jordan. Unpublished report, BGR Archiv.
8. Blake, G., and Ionides, M., 1939 : Report of the water resources of Transjordan. London Crown Agent for Colonies.
9. Boom, Van den, G., 1969 : Zur Geologie und Genese der Manganerz Vorkommen in Wadi Dana Geol. Jb. 81: 42-46.
10. Demag, A, 1960 : Report of the manganese of Wadi Dana, Jordan, Unpublished, BGR Archiv, Hanover.
11. Gold, O., 1964: The Wadi Araba copper exploration, Jordan, Unpublished Report.
12. Khoury, H., 1986: On the origin of stratabound copper-manganese deposits in Wadi Araba, Jordan, Dirasat, 13: 227-247.
13. Mckelvey, V., 1959 : Investigations needed to stimulate the development of Jordan mineral resources, Unpublished Report. USGFS.
14. Nimry, Y., 1967: The manganese occurrences at Wadi Dana, Jordan, Unpublished Report, NRA.
15. Nimry, Y., 1973 : The copper and manganese prospects of Wadi Araba, Unpublished Report, N R A.
16. Slatikine, A., 1961: Nodules cupriferes du Neguev (Israel), Bull. Res. Counc. Israel, 10 : 292-299.
17. Sturm, E., 1953: Possible origins of manganese ore in the Negev. Bull. of the Res. Counc., 3, Jerusalem.
18. Weissbrod, T., 1969: The Paleozoic of Israel and adjacent countries. Bull. Geol. Surv. Israel., 48: 32 p.



الفصل الثالث

معادن الحديـد

معادن الحديــد

لقد استغل خام الحديد منذ القدم في جنوب وادي عربة ومنطقة عجلون، ولقد ذكرت خامات الحديد في منطقة وردة في كثير من المؤلفات ثم أعقب ذلك دراسات قام بها (٢) 1962 Van den Boom and Lahloub, ثم (٤) Saffarini, 1988.

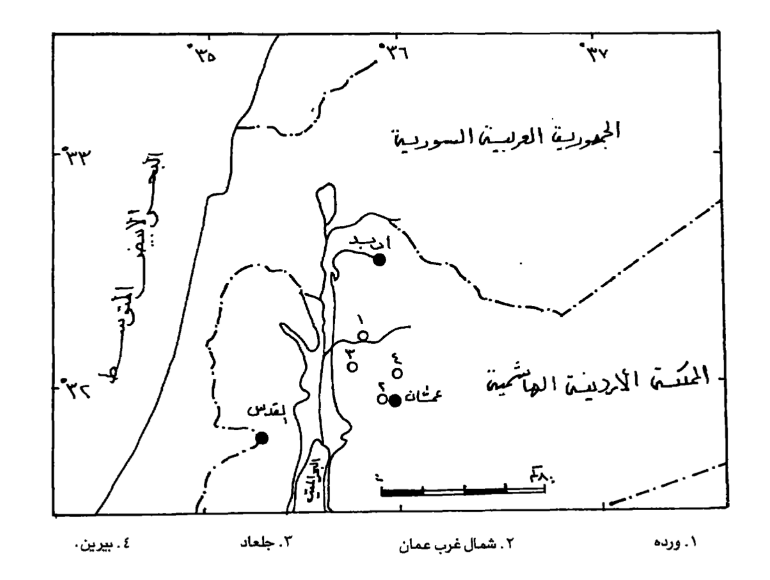
وكان من نتائج ربط الجيولوجيا التركيبية للمنطقة بتمعدن الحديد اكتشاف ترسبات للحديد في مناطق شمال وغرب عمان. و يبين شكل (٣ ـ ١) توزع خامات الحديد في الأردن. و يعتقد بأن خامات الحديد على درجة عالية من التشابه من حيث التركيب المعدني والنشأة. وتتعلق الدراسات المتوافرة بخامات الحديد في مناطق عجلون وشمال وغرب عمان.

* خامات الحديد في منطقة عجلون

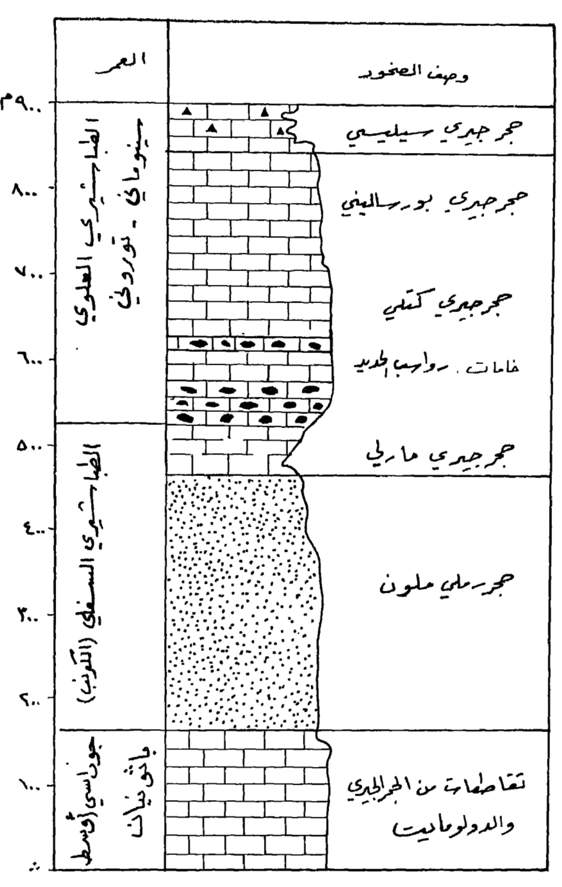
توجد خامات الحديد في منطقة وردة على بعد ٣٥ كم شمال غرب عمان. وتصل سماكاتها الى ما يزيد على ١٠ م في منطقة تزيد مساحتها على كيلو متر مربع. ولقد وصف (٢) Van den Boom and Lahloub 1962 طبقات الحديد بأنها عدسية الشكل غير منتظمة توجد في وحدة الحجر الجيري الكتلي الذي يتبع العصر السينوماني ــ التوروني. و يبين شكل (٣ ـ ٢) التوزيع الطبقي المحلي في منطقة وردة. وقد دلت الدراسة الميدانية على أن هناك احلالا جزئياً للحجر الجيري والطباشيري في المنطقة. وتتأثر هذه المنطقة بثلاثة صدوع رئيسية لها علاقة مباشرة مع حفرة الانهدام. وتظهر الكسور والتشققات في وحدة الحجر الجيري الكتلي وتخترق جسم الخام. ولقد بينت تقارير سلطة المصادر الطبيعية غير المنشورة أن سماكة الطبقات الحاملة لخامات الحديد تتراوح بين ٨ر٠ ــ٨ر٩م ومعدل اكسيد الحديد نتيجة تحليل ٢٠ عينة من الخام هو ٩ر٦٧٪ وأن الاحتياطي المثبت هو ٠٠٠ر٦٠ طن متري. وذكرت التقارير أيضاً أن أصل هذا الخام هو المحاليل الحارة الصاعدة، ولقد بين (١) Batayneh, 1987 ان الطبقات الحاملة للحديد تصل سماكتها الى ١ر٩م وتتجانس في المغناطيسية وتزداد في السمك في اتجاهات شمال غرب، وشمال شرق، وجنوب شرق.

التركيب المعدني والكيماوي للخام

قام (٤) Saffarini, 1988 بدراسة المكونات المعدنية لخام الحديد في منطقة وردة، و بين أن المكونات المعدنية الأساسية هي الهيماتيت Hematite والليمونيت Limonite بنسب متفاوتة. أما المعادن الأخرى المصاحبة فهي الكوارتز والكالسيت والجوثيت. و يبدو أن الحركات الأرضية المختلفة أثرت تأثيراً مباشراً على تكسير الخام وتكوين البريشيا المتماسكة بواسطة كربونات الكالسيوم.، وكذلك فان أكاسيد الحديد وخاصة الليمونيت تعمل كمادة لاحمة في البريشيا المكونة من الحجر الجيري.



شكل ٣ ــ ١ أماكن وجود الحديد في الأردن



شكل ٣ ــ ٢ مقطع جيولوجي في منطقة وردة يبين وجود خامات الحديد.

و يبين جدول رقم ٣ ـ ١ معدل التركيب الكيماوي لأكثر من ثلاثين عينة أخذت من منطقة وردة. وكما نرى من الجدول فان تركيز الحديد يتراوح بين ١ر٢٢٪ ـ ٣ر٦٣٪ و بمعدل يصل الى حوالي ٥ر٤٦٪.

جدول (٣ ـ ١) معدل التركيب الكيماوي لعينات من منطقة وردة [٤]

جزء بالمليـــــــون

العنصر	أدنى قيمة	أعلى قيمة	المعدل الحسابي	الانحراف المعياري
Si	0,36 *	25.55	8.84	8.12
Al	200	1020	446	213
Ti	55	1268	443	365
Fe	22.11 *	63.35	46.55	13.66
Mg	520	15250	4184	4777
Ca	0.05 *	14.70	1.38	2.95
Na	465	913	613	89
K	60	300	100	39
Mn	5	103	34	28
Zn	38	1225	124	217
V	50	1016	256	258
Ni	35	108	52	15
Co	65	410	135	65
Cr	15	210	81	41
H_2O_{tot}	2.79 *	11.56	7.17	3.08

* ٪ نسبة مئوية

نشأة خام الحديد في منطقة وردة

بينت الدراسة التي قام بها (٤) Saffarini, 1988 أن هنالك علاقة وثيقة بين تمعدن خامات الحديد وحفرة الانهدام الأردني التي يمكن اعتبارها مثالا جيداً بين الجيولوجيا الاقتصادية والتركيبية والتي يمكن أن تؤدي الى اكتشافات جديدة على طول الجانب الشرقي لحفرة الانهدام. ان وجود معدن الهيماتيت كمكون أساسي لخامات الحديد هو دلالة واضحة على وجود الظروف الفيزيائية ــ الكيماو ية نفسها خلال فترة تمعدن الخام. ولقد استنتج من التحليل الاحصائي الذي قام به الباحث المذكور على المكونات الكيماو ية للخام بأن سرعة التمعدن كانت غير ثابتة حيث تمت عمليات فصل للعناصر المختلفة من المحاليل الحرمائية الصاعدة وترسب الحديد كمكون أساسي أو ثانوي مع السيلكا.

★ خامات الحديد شمال وغرب عمان

بينت الدراسات الميدانية التي قام بها Mikbel et al, 1985[٢] وجود تجمعات لخام الحديد في مناطق جلعاد و بيرين وغرب عمان (شكل ٣ ــ ١). كما تم ربط توزع هذه الخامات بالتراكيب الجيولوجية الموجودة على طول الجانب الشرقي لحفرة الانهدام، وقدر الاحتياطي الأولي لخامات الحديد في غرب عمان بحوالي ستة ملايين طن متري تقريباً تحتوي على ٥ر٢ مليون طن من فلز الحديد.

و يبين شكل ٣ ــ ٣ بعض الطبقات المتكشفة في غرب عمان. وتتكشف الطبقات من وحدة الحجر الجيري العقدي (العصر السينوماني) وحتى وحدة الحجر الجيري السيلسي (العصر الكونياسي ــ السانتوني). وتوجد خامات الحديد في منتصف وحدة الحجر الجيري الكتلي حيث تصل سماكة الطبقة الحاملة للخام ٢ر١م.

و يبين شكل (٣ ــ ٤) مقاطع جيولوجية في منطقة الدراسة حيث يتجمع خام الحديد في الثنايا المقعرة للتركيب. وكما هو معروف فان هذا التركيب يقع ضمن الجزء الغربي من التركيب الانضغاطي المعروف بعمان ــ الحلابات شكل (٣ ــ ٥) حيث توجد طيات غير متماثلة ومضجعة اضافة الى صدوع الرفع العلوي. ولقد بين Batayneh, 1987[١] بأن خام الحديد في مناطق غرب عمان وجلعاد متجانسة بالمغناطيسية، وأن وحدة الحجر الجيري السيليسي في غرب عمان تصل سماكتها الى ١٥ م وتعلو ٨٠م من الحجر الجيري المارلي.

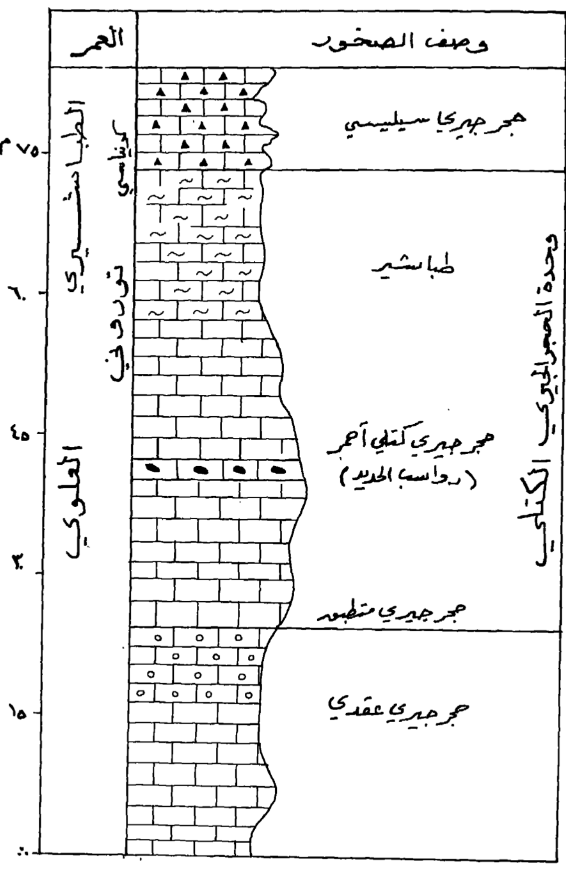
التركيب المعدني والكيماوي

تتشابه خامات الحديد في منطقة غرب عمان وعجلون حيث أن المكون الأساسي هو الهيماتيت. أما المعادن الأخرى المصاحبة فهي الكوارتز والكالسيت والماجنيتيت والسيدريت. و ينمو معدن الهيماتيت على حساب المعادن الأخرى الأساسية للصخر و يملأ الفراغات والشقوق.

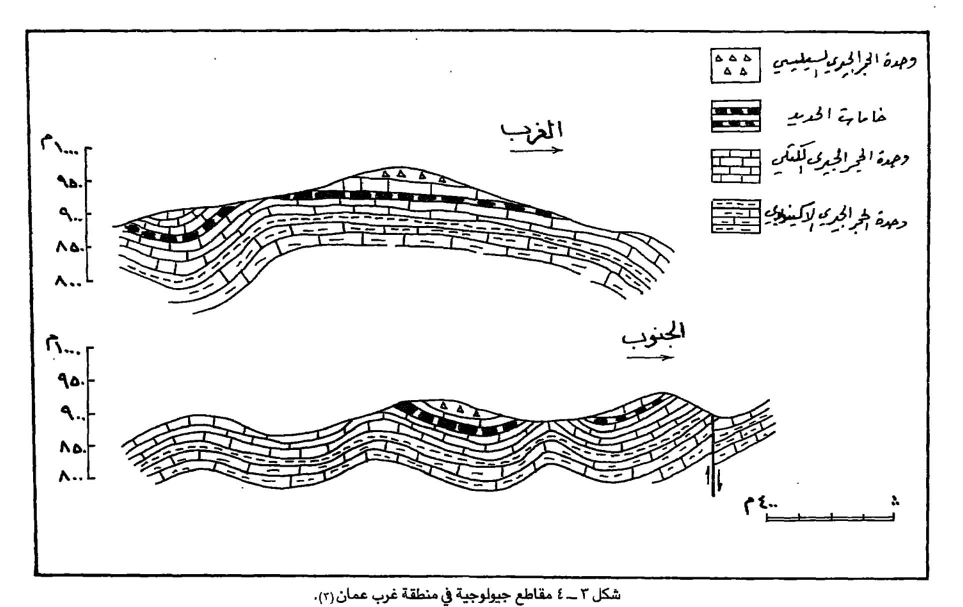
و يبين جدول رقم (٣ ــ ٢) التركيب الكيماوي للعينات المأخوذة من مناطق غرب عمان، وتتراوح نسبة الحديد بين ٦٨ر٢٢٪ ــ ٦٧ر٥٩ بمعدل ٧٣ر٣٩٪.

نشاة الحديد في منطقة غرب عمان

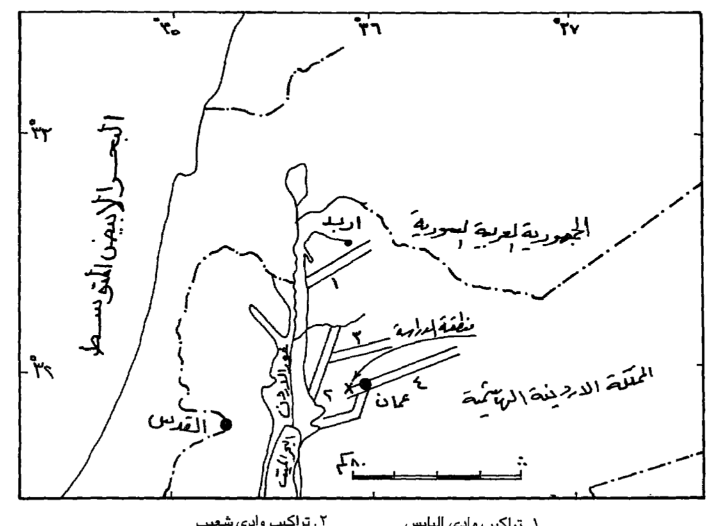
يعتقد الباحثون Mikbel, et al, 1985[٣] بأن نشأة الحديد في مناطق غرب عمان تشبه الى حد بعيد نشأة الخامات الموجودة في وردة حيث أن المحاليل الحرمائية الصاعدة والحاملة للحديد والسيليكا حلت محل صخور وحدة الحجر الجيري الكتلي.



شكل ٣ ــ ٣ مقطع جيولوجي في منطقة غرب عمان



شكل ٣ ـ ٤ مقاطع جيولوجية في منطقة غرب عمان (٢).



١. تراكيب وادي اليابس — ٢. تراكيب وادي شعيب
٣. تراكيب بيرين ـ ياجوز — ٤. تراكيب عمان ـ الحلابات

شكل ٣ ـ ٥ التراكيب الانضغاطية في شمال الأردن (٣).

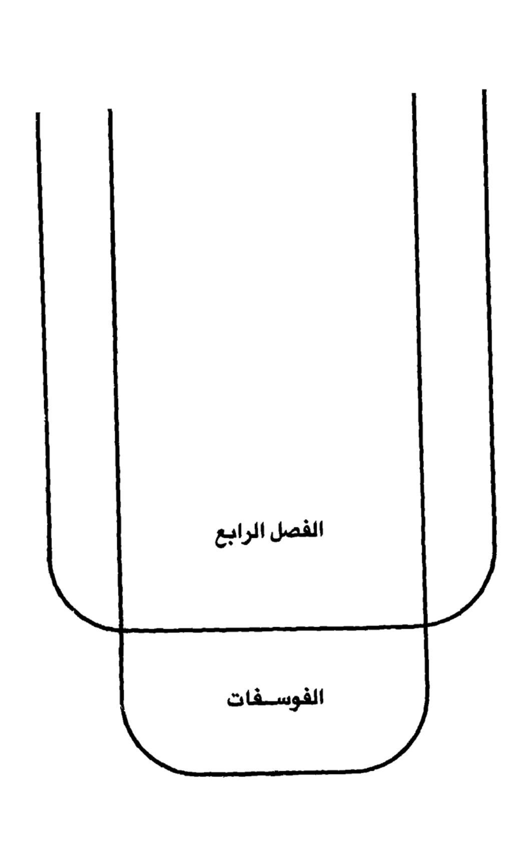
جدول (٣ - ٢) التركيب الكيماوي لعينات الحديد من منطقة غرب عمان [٣] (جزء بالمليون)

العنصر	المعدل	رقم العينة											
	Ẍ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Si *	7.55	1.83	22.19	10.97	13.21	2.34	2.20	2.96	11.44	1.97	2.65	1.70	17.12
Fe *	39.73	59.67	22.68	45.85	25.94	36.30	37.60	25.94	51.33	40.36	57.63	40.57	32.84
Ca *	7.06	1.38	6.73	1.47	0.31	13.25	15.42	19.85	nd	13.12	nd	12.24	1.00
Mg	4306	551	9125	797	32526	309	765	252	5113	518	434	555	723
Na	13782	723	52870	577	78400	490	504	480	38549	576	684	720	724
K	1836	146	1860	136	18605	146	131	112	355	146	140	126	146
Mn	63	206	54	18	98	8	13	61	116	93	25	20	41
Zn	230	661	442	109	54	140	98	97	101	389	470	75	128

* نسبة مئوية ٪

References

1. Batayneh, A., 1987 : Geophysical studies of iron occurrences in northern Jordan. Unpublished M.Sc. Thesis, U of Jordan. 150 p.
2. Boom, Van den, and Lahloub, G., 1962 : The iron-ore deposits of Warda in southern Ajlun - District. Unpublished Report, NRA, Amman.
3. Mikbel, Sh., Saffarini, G., and El-Isa, Z., 1985 : New iron occurrences west of Amman, Jordan, Dirasat, 12 : 112-124.
4. Saffarini, G., 1988 : Geochemical characterization of a carbonate-hosted hydrothermal iron ore : The Warda iron deposit/ Ajlun, Jordan. Dirasat, In Print.



الفصل الرابع

الفوسفات

الفوسفات

يعتبر الأردن خامس دولة في العالم في انتاج الفوسفات بعد الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد السوفياتي والمغرب والصين، وثالث دولة في العالم في تصدير الفوسفات بعد المغرب والولايات المتحدة حيث إن الانتاج المتوقع لعام ١٩٨٨ هو ٥ر٧ ملايين طن، و يقدر الاحتياط المؤكد من خام الفوسفات بحوالي ١٥٣٨ مليون طن موزعة على مناطق الرصيفة (٦٨ مليون طن) والحسا (١٢٥ مليون طن) والأبيض (١٥٩ مليون طن) والشدية (١١٨٦ مليون طن). وهناك احتياطي آخر في شمال غربي الأردن يزيد على ٣٧٠ مليون طن و بحاجة الى دراسات تفصيلية أخرى. وتصدر خامات الفوسفات الى أكثر من ثلاثين دولة بلغت في عام ١٩٨٧ حوالي ٦ر٥ ملايين طن. و بلغت كميات الفوسفات التي تم استخدامها محلياً في صناعة الأسمدة في العقبة حوالي ٩٥٠ ألف طن في عام ١٩٨٧ وتتوقع شركة مناجم الفوسفات الأردنية أن يكون صافي الربح في عام ١٩٩٦ حوالي ٤ر٤٠ مليون دينار (حسب سعر الصرف عام ١٩٨٧).

ونرى مما سبق أهمية الفوسفات الأردني في دعم الاقتصاد الوطني، وتزداد أهميته عند التصنيع حيث يستخدم الفوسفات بشكل عام في صناعة الأسمدة الفوسفاتية والأدو ية والمواد الكيماو ية، و يستخدم ٩٠٪ من الفوسفات العالمي المنتج في صناعة الأسمدة حيث يتم تحو يل الفوسفات الخام الى أسمدة سريعة الذو بان في الماء يستطيع النبات امتصاصها، ومن أهم الأسمدة الكيماو ية السو برفوسفات الأحادي والثلاثي والأمونيوم الأحادي والثنائي ونيتروفوسفات والأسمدة المركبة من الأمونيا والبوتاسيوم والفوسفات. و يقوم مصنع الأسمدة بالعقبة بانتاج الأسمدة المختلفة حيث وصلت المبيعات في عام ١٩٨٧ حوالي ٦٦٠ ألف طن من سماد فوسفات الأمونيوم الثنائي، و يتم انتاج مادة فلوريد الألومنيوم حيث بلغت المبيعات في عام ١٩٨٦ حوالي ١٢٥٣٩ طناً. وتقوم شركة الفوسفات الأردنية ومصانع الأسمدة بدراسات لاستخلاص عنصر اليورانيوم كناتج ثانوي.

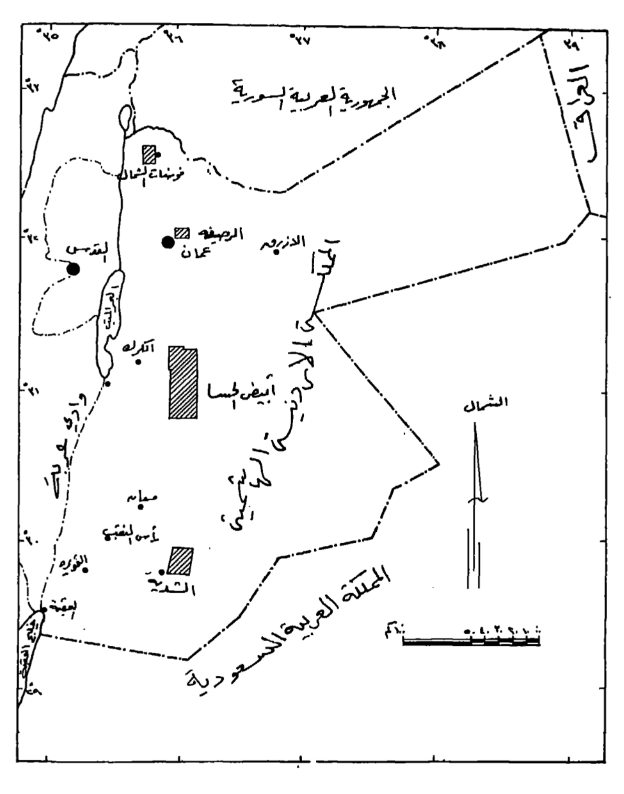
عرض موجز للدراسات التي تمت عن الفوسفات الأردني

نتيجة لأهمية الفوسفات الأردني من النواحي العلمية والاقتصادية، قامت دراسات عديدة منذ أن اكتشف الفوسفات لأول مرة في الرصيفة ثم الحسا عامي ١٩٠٣ و ١٩٠٨ من قبل بلانكنهورن وذلك خلال العمل لانشاء سكة حديد الحجاز، و بدأت الدراسة الفعلية من قبل (١٣،١٤) Blake, 1930; 1936 حيث أسست شركة فوسفات شرق الأردن التي أصبح أسمها في أواخر الخمسينات شركة مناجم الفوسفات الأردنية. ولقد قام (١٥) Burden, 1959 ثم (٢١) Karam, 1967 باعطاء العمر الكامباني ــ الماسترختي لفوسفات الرصيفة، ولقد صنف (٢٥،٢٧) Reeves and Saadi, 1971 و Saadi, 1969 الفوسفات في الرصيفة والحسا الى أربع مجموعات (الناعم والمتماسك بالكربونات والسيليكا والطيني والمارلي) و بينوا بأن الأباتيت هو المكون

الأساسي للفوسفات. وفي عام ١٩٧٥م [٢٦] (Rosch and Saadi, 1975) أضافت تقارير هيئة الأمم المتحدة النوع الخامس من الفوسفات وهو الجبسي، ومما يجدر ذكره بأن سلطة المصادر الطبيعية قامت باكتشاف كميات هائلة من خامات الفوسفات في منطقة الشدية في عام ١٩٧٤ وذلك قبل بدء مشروع هيئة الأمم المتحدة. ولقد بين [١٦] Coppens et al, 1977 أهمية العناصر المشعة (اليورانيوم والثوريوم) في فوسفات الحسا، كما أكد كل من [٩، ١٨] 1977 Hamam, و Beerbaum, 1977 العمر الماسترختي لفوسفات الحسا. وقام [١٩] Jalled, 1977 بدراسة امكانية تركيز فوسفات الرصيفة بواسطة الكلسنة. ثم تبع ذلك [٢٢، ٢٣] Abed, 1982, Khalid And و Khalid, 1980 بدراسة التركيب المعدني لفوسفات الشدية حيث تبين بأنه فرانكوليت Francolite ولقد قام [٢٤، ٢٩]. Sadaqa, 1983 و Mikbel and Abed, 1985. باكتشاف كميات جديدة من الفوسفات في منطقة الأبيض وشمال غربي الأردن تبعها دراسات من قبل [١] Abed and Khalid, 1985 لمعرفة توزيع اليورانيوم في الفوسفات الأردني و [١١] Bandel and Mikbel, 1985 لدراسة نشأة رواسب الرصيفة و [٦] Al-Agha, 1985 لدراسة خام فوسفات الشمال ثم [٧، ١٧] Al- Hawari, 1986 و Fakhoury, 1987 لدراسة التركيب المعدني للأباتيت والمعادن الطينية المصاحبة، وأخيراً [٣] Abed and Ashour, 1987 لتحديد عمر فوسفات الشمال.

جيولوجية الطبقات الحاملة للفوسفات

يبين شكل (٤ ــ ١) أماكن تكشف الفوسفات الأردني في صخور العصر الطباشيري العلوي في الرصيفة، والحسا والأبيض، والشدية، وشمالي الأردن. وتوجد أيضاً رواسب فوسفاتية غير اقتصادية تتبع عصور الأيوسين الأوسط والأعلى وكذلك الأوليجوسين في مناطق شمال شرقي الأردن [٨] (Basha, 1987) و يمكن تتبع خامات الفوسفات على امتداد ٢٥٠ كم من رأس النقب في الجنوب وحتى نهر الزرقاء في شمال عمان، وتتكشف مرة أخرى ونتيجة عوامل تكتونية في غرب اربد. وتميل طبقات الفوسفات نحو الشرق ميلا بسيطاً ولا يعرف امتدادها شرقاً تحت السطح. و يتكشف الجزء الغربي من طبقة الفوسفات نتيجة لعمليات الرفع على طول حفرة الانهدام، وتصبح الصخور الفوسفاتية أحدث كلما اتجهنا شرقاً مما يقلل سماكة الغطاء الصخري. وتوجد خامات الفوسفات في جميع المناطق في الوحدة الجيولوجية نفسها من العصر الطباشيري العلوي (الماسترختي) وتوجد أسفل وحدة الفوسفوريت وحدة الطباشير ــ المارلي وتعلوها وحدة الحجر الجيري السيليسي (أشكال ٤ ــ ٢، ٤ ــ ٣، ٤ ــ ٤، ٤ ــ ٥). وتصل سماكة الطبقات الحاملة للفوسفات في منطقة الرصيفة في مجموعها الى ١٠ م وهي عبارة عن أربع طبقات غنية بالفوسفات ومعدل سمك هذه الطبقات ٢ر١ ــ ٣ م و يبلغ تركيز فوسفات الكالسيوم الثلاثي حوالي ٥٦ ــ ٧٢٪ في الطبقات الناعمة وحوالي ٤٥ ــ ٥٥٪ في الطبقات الصلبة.



شكل ٤ ـ ١ خارطة تبين مواقع خامات الفوسفات في الأردن.

العمر	الوحدة	السمك بالأمتار	وصف الصخور
الحديث	رواسب حديثة	٩,٥٠	رواسب حديثة
الطباشيري العلوي (الماسترختي)	وحدة الطباشير - المارل	٢٢,٠	مارل مع طبقات من الحجر الجيري والصوان
	وحدة الفوسفات	٢٦,٠	فوسفات (٤)
		٣٠,٠	طبقات متبادلة من الفوسفات والحجر الجيري والصوان والمارل
		٣١,٠	فوسفات (٣)
		٣٣,٠	حجر جيري ومارل
		٣٤,٥٠	فوسفات (٢)
		٣٦,٥٠	حجر جيري ومارل
		٣٩,٠	فوسفات (١)
	وحدة الحجر الجيري السيليسي	٤٠,٢٥	حجر جيري مع صوان وفوسفات
			حجر جيري مع طبقات صوان.

شكل ٤ ــ ٢ مقطع جيولوجي في منطقة الرصيفة.

العمر	الوحدة	سمك الأعماق	وصف الصخور

رواسب حديثة

٢,٠ — طبقات مارل مع فوسفات سيليسي

١٠,٠ — طبقات مارل وحجر جيري وصوان

١٣,٠ — مارل أصفر

١٤,٥ — حجر طيني أصفر

فوسفات مارلي

١٧,٠ — فوسفات ناعم (٣)

١٧,٥ — فوسفات صلب

كوكينا

٢٩,٠ — فوسفات ناعم (٢)

٢٩,٥ — كوكينا

٣٧,٠ — طبقات مارل، صوان، حجر جيري

٤٠,٠ — فوسفات ناعم (١)

٤٠,٥ — حجر جيري مع طبقات صوان

وحدة الفوسفوريت

شكل ٤ ـ ٣ مقطع جيولوجي في منطقة الحسا الأبيض.

العصر	الوحدة	السمك بالأمتار	وصف الصخور
الحديث	رواسب حديثة	٢,٠	رواسب حديثة
الطباشيري العلوي (الماسترختي)	وحدة الطباشير المارل	٥,٠	مارل فوسفات مارلي
		٥,٥	
	وحدة الفوسفوريت	٨,٠	كوكينا
		٨,٥ ٨,٩ ٩,٨	(١) طبقات من الحجر الطيني فوسفات مارلي مع صوان وبورسالينيت و تريبولي
		١٠,٨	فوسفات
			جيري سيليسي
		١١,٩	حجر جيري
		١٢,١ ١٢,٧٥ ١٤,٧	(٢) فوسفات مارلي وسيليسي فوسفات ناعم فوسفات سيليسي
		١٥,٢ ١٦,٠ ١٦,٨ ١٧,٦	(٣) فوسفات مارلي فوسفات سيليسي صلب صوان فوسفاتي فوسفات سيليسي

شكل ٤ ــ ٤ مقطع جيولوجي في منطقة الشدية.

وصف الصخور	السمك بالأمتار	الوحدة	العمر
مارل		وحدة المارل	طباشيري علوي (ماسترختي)
فوسفات ناعم	١٦,٨	وحدة الفوسفات	
حجر جيري وصوان	١٤,٣		
فوسفات صلب ومتوسط الصلابة			
فوسفات ناعم	١٢,٥		
حجر جيري سيليسي	١٠,٠	وحدة الحجر الجيري السيليسي	

شكل ٤ ـ ٥ مقطع جيولوجي في منطقة وادي السموع (شمال الأردن)

أما منطقة الحسا والأبيض فيوجد الفوسفات في نطاقين (علوي وسفلي) متقطعين على شكل عدسي يختلف عن الرصيفة، و يوجد النطاق العلوي على شكل طبقتين من الفوسفات الناعم تفصلهما طبقات رقيقة من المارل، وتتراوح سماكة الطبقة العليا ٤ر٠ ــ ٨ر٠م والسفلى ٥ر١ ــ ٥ر٢م، أما نسبة تركيز فوسفات الكالسيوم الثلاثي فهي ٥٥ ــ ٦٢٪ للطبقة العليا و٦٦ ــ ٧٠٪ للطبقة السفلى.

يوجد الفوسفات في الشدية في نطاقين أيضاً ولكن على شكل طبقات مستمرة، وتتراوح سماكة طبقات الفوسفات تحت طبقة الكوكينا في النطاق الأسفل بين ٨ ــ ١٠م تقطعها طبقات من الصوان المتجوي جزئياً الى تريبولي والحجر الجيري السيليسي، وتتراوح نسبة فوسفات الكالسيوم الثلاثي بين ٦٥ ــ ٧٢٪.

و يوجد الفوسفات في مناطق شمال غربي الأردن في نفس المستوى الجيولوجي للصخور الفوسفاتية الأخرى على شكل طبقات مستمرة ومنتظمة، و يتراوح معدل فوسفات الكالسيوم الثلاثي بين ٥٥ ــ ٦٩٪.

التركيب المعدني والكيماوي لخامات الفوسفات

يوجد معدن الأباتيت مع الكالسيت والكوارتز والدولومايت والمعادن الطينية بنسب مختلفة. و بعض هذه المعادن (الدولومايت والمعادن الطينية) هو نتيجة لعمليات ترسب متزامنة أو متأخرة في المسامات وعلى حساب المعادن الأخرى. أما المعادن الطينية المشتركة المصاحبة لخامات الفوسفات فهي كاولينيت وإليت ومختلط الطبقات إليت/ سميكتيت (درجة التمدد ٧٠ ــ ٨٠٪). وتنفرد خامات منطقة الشدية بوجود باليجورسكيت Palygorskite والذي سجل لأول مرة بواسطة(٧) Al-Hawari, 1986. و يبين جدول رقم (٤ ــ ١) معدل التركيب الكيماوي للصخور الفوسفاتية في المناطق المختلفة من الأردن. وأثبتت الدراسات التي أجريت على حبيبات الفوسفات المختلفة، وقطع الصخور الفوسفاتية، و بقايا العظام والأسنان أن الأباتيت الأردني هو بالواقع فرانكوليت Francolite حيث تزيد نسبة الفلور على ١٪ وثاني اكسيد الكربون أقل من ٦٪ (٦،١٧،٢٧) (Saadi, 1969; Al-Agha, 1985; Fakhoury, 1987) و يبين جدول رقم ٤ ــ ٢ المعادلات التركيبية للأشكال المختلفة للفرانكوليت الأردني كما حسبت بواسطة(١٧)، Fakhoury 1987.

وتقوم شركة الفوسفات بانتاج أربعة أنواع من خامات الفوسفات ذات المحتوى من فوسفات الكالسيوم الثلاثي ٦٦ ــ ٦٨٪ من مناجم الرصيفة و ٧٠ ــ ٧٢٪، ٧١ ــ ٧٣٪ و٧٣ ــ ٧٥٪ من مناجم الحسا والأبيض وذلك بعد عمليات التركيز(٢٠) (JPC, 1986). و يتم تجميع وفصل الحجم الناعم من الفوسفات (يسمى Jorphos) حيث يباع مباشرة لاستخدامه في التربة الحامضية. و يبين جدول رقم ٤ ــ ٣ التركيب الكيماوي للأنواع المختلفة من الفوسفات الأردني التجاري.

جدول (٤ ـ ١) معدل التركيب الكيماوي لخامات الفوسفات في المناطق المختلفة من الأردن [٧]

الأكاسيد	الرصيفة ٪	ألحسا ٪	الشدية ٪	شمال غرب الاردن ٪
SiO_2	10.15	12.7	18.72	10.02
Al_2O_3	0.54	0.7	0.62	0.27
Fe_2O_3	0.126	0.16	0.305	0.129
P_2O_5	26.8	21.96	23.54	23.23
CaO	46.89	52	44.7	46.18
MgO	0.082	0.098	0.66	1.537
Na_2O	0.02	0.024	0.24	0.042
K_2O	0.027	0.42	0.05	0.04
TiO_2	0.153	0.016	0.029	—
F	3.28	2.6	2.89	1.001
Cl	0.22	0.316	0.106	00.264
CO_2	7.62	12.34	7.29	16.359
V ppm	200	62	60	—
Sr ppm	1583	1776	491	—
Y ppm	89	71	52	—
U ppm	155	93	67	—
Cr ppm	230	70	110	—

و يوجد اليورانيوم في تركيب الفرانكوليت البلوزي حيث يحل محل الكالسيوم، ولقد قام العديد من الباحثين في دراسة توزيع اليورانيوم في الفوسفات الأردني مثل(١،٤،٩،١٢،٢٢،٢٣، ٢٥،٢٦،٢٧)

Saadi, 1969; Bender et al, 1970; Reeves and Saadi, 1971;
Abu Ajamieh, 1974; Rosch and Saadi; 1975; Beerbaum, 1977
Khalid, 1980; Khalid and Abed, 1982; Abed and Khalid, 1985.

حيث وجدوا أن الفوسفات الأردني يعتبر من أغنى فوسفات العالم بالنسبة لليورانيوم. ولقد وجدت نسبة تركيز عالية من الايتريوم Yttrium تضاهي تركيز اليورانيوم في الفرانكوليت. و يبين جدول رقم ٤ ـ ٤ توزيع اكسيد اليورانيوم في بعض مناطق مناجم الفوسفات حيث يزداد التركيز في منطقة الرصيفة. وفي دراسة قام بها (٢٨) Saadi and Shaaban, 1981 تبين أن اكسيد اليورانيوم يمكن أن يصل الى ٣٠٠ غم بالطن. ولكن تتراوح نسبة اكسيد اليورانيوم

بشكل عام بين ٧٠ ـ ١٨٠ غم / طن خام و ٩٠ ـ ١٨٠ غم / طن فوسفات مسوق. و يبين شكل ٤ ـ ٦ مقارنة التغير الذي طرأ على المحورao البلوري في الفرانكوليت بتغير نسبة اليورانيوم فيه حيث أن زيادة اليورانيوم في الفرانكوليت يؤدي الى قصور محورao حتى يصل الى ٩٫٣٣٢ انجستروم تقريباً عندما تكون نسبة اليورانيوم في معدن الفرانكوليت ١٢٠غم / طن تقريباً. وأن الارتفاع الطفيف في طول المحورao بعد ذلك يمكن أن يكون بتأثير عناصر أخرى غير اليورانيوم يفوق حجم ذراتها حجم ذرات الكالسيوم مثل السترونشيوم الموجود بكميات عالية في الفرانكوليت الأردني.

نشأة رواسب الفوسفات الأردني

يترسب الفوسفات عادة في مواقع جغرافية محددة (٤٠° شمال وجنوب خط الاستواء) في مناخ دافىء على الشواطىء الغربية للقارات. وتترسب معظم رواسب الفوسفات الحديثة في العالم نتيجة عمليات صعود تيارات المياه البحرية العميقة الباردة والغنية بالفوسفات الى أعلى لتحل محل المياه السطحية المتحركة نحو البحر نتيجة عمل حزام الرياح التجارية.

جدول (٤ ـ ٢) المعادلات التركيبية لأنواع مختلفة من الفرانكوليت الأردني [١٧]

ألموقع	نوع الفوسفات	ألمعادلة التركيبية ألمحسوبة							الشحنة الموجبة	الشحنة السالبة
		Ca	Mg	Na	P04	C03	F2	F		
الرصيفة	حبيبي	9.87	.005	.12	4.99	1		.4	19.86	19.38
الرصيفة	عضوي	9.94	.005	.168	4.89	1.11		.44	19.99	19.33
الرصيفة	صخري	9.87	.0049	.12	4.91	1.08		.43	19.86	19.32
الشدية	حبيبي	9,89	.0039	.099	5.01	0.987		.39	19.88	19,39
الشدية	عضوي	9.8	.005	.193	4.88	1.1		.44	19.79	19.06
الشدية	صخري	9.9	.0027	.009	4.71	1.098		.43	19.81	19.78
ألحسا	حبيبي	9.7	.003	.143	5	.99		.39	19.5	19.39
ألحسا	عضوي	9.69	.004	.155	4.88	1.118		.44	19.55	19.31
ألحسا	صخري	9.86	.0035	.127	4.91	1.08		.43	19.85	19.23

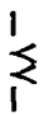
جدول (٤ ـ ٣) التركيب الكيماوي للأنواع المختلفة من الفوسفات الأردني المسوق [٢٠]

الأكاسيد	٦٦-٦٨٪	٧٠-٧٢٪	٧١-٧٣٪	٧٣-٧٥٪	جورفوس ٦٠-٦٢٪
P_2O_5	30.40	32.35	33.14	33.80	27.85
CaO	49.80	49.70	50.94	51.67	49.22
SiO_2	5.30	5.00	3.00	2.50	6.00
CO_2	7.30	4.65	4.65	4.40	10.00
F	3.60	3.65	3.75	3.80	3.40
Cl	0.045	0.12	0.05	0.03	0.047
Fe_2O_3	0.17	0.30	0.25	0.16	0.21
Al_2O_3	0.40	0.48	0.40	0.24	0.35
Org. C	0.15	0.20	0.20	0.20	0.18
SO_3	0.85	1.21	1.25	1.10	0.90
$Na2^O$	027	0.40	0.40	0.40	0.26
K_2O	0.025	0.03	0.03	0.03	0.023
MgO	0.23	0.40	0.30	0.25	0.28
SrO	0.19	0.22	0.25	0.25	0.18
MnO	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
TiO_2	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
العناصر النادرة	ppm	ppm	ppm	ppm	—
U	129	82	93	105	—
V	200	70	65	60	—
Cd	4	4	4	4	—
Cr	230	100	75	50	—
As	11	6	7	9	—

جدول (٤ ـ ٤) توزيع أكسيد اليورانيوم في بعض مناطق الفوسفات الأردني [٤]

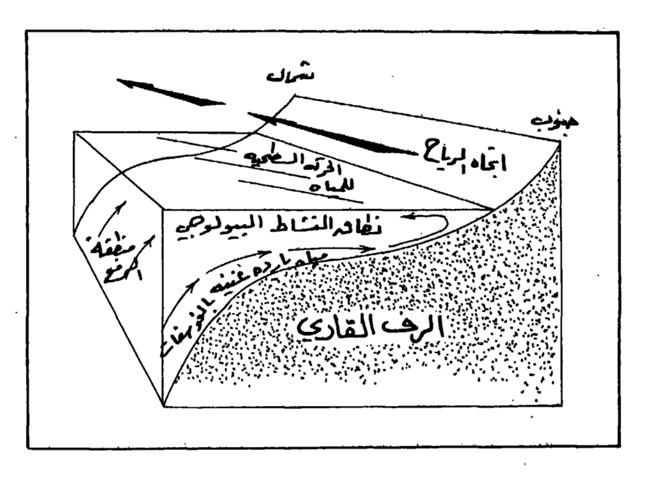
U_3O_8 جزء بالمليون		
الخام	المعدل	القيمة الدنيا ـ القيمة العليا
الرصيفة	١٤٥	١٢٠ ـ ١٨٠
الحسا	٩٥	٧٠ ـ ١٦٠
الشدية	٩٠	٧٠ ـ ١٢٠

شكل ٤ ـ ٦ رسم يمثل العلاقة بين تركيز اليورانيوم ووحدة الطول ao (٢٨)

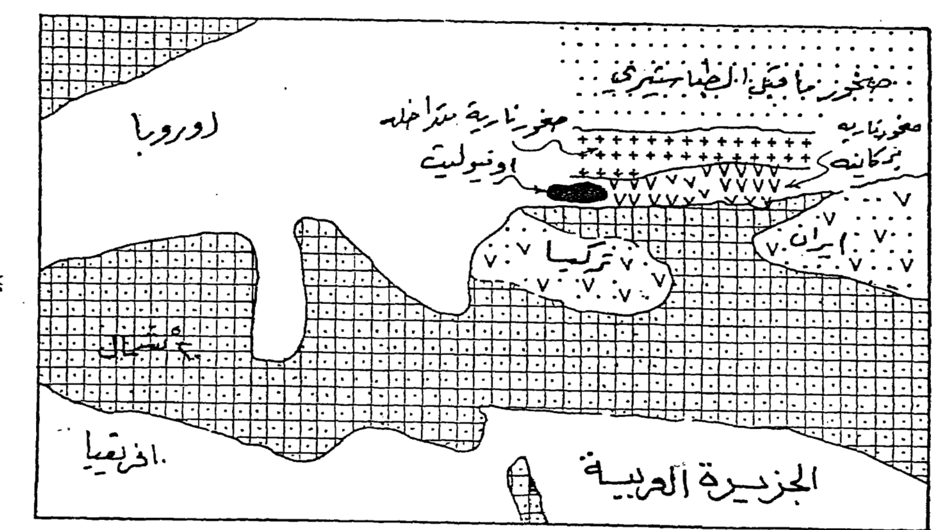


وتحدث عملية رفع المياه Upwelling عادة على الشواطىء الغربية وعلى الشواطىء الشمالية في نصف الكرة الشمالي والشواطىء الجنوبية في نصف الكرة الجنوبي. و يترسب الفوسفات عندما تزيد درجة حرارة المياه الفوسفاتية المرفوعة و يقل الضغط لفقدان ثاني اكسيد الكربون وتزداد القلوية. و يبين شكل ٤ ــ ٧ كيفية ترسب الفوسفات نتيجة عمليات صعود المياه الباردة الى أعلى. ولا بد أن الفوسفات الأردني ترسب في مثل هذه الكيفية عند نهاية العصر الطباشيري العلوي حيث طغى البحر على اليابسة، و يستدل على بداية الترسيب البحري بوجود وحدات الجلوكونيت Glauconite الأربع (٢) (Abed and Mansour, 1982) وعقد العنبر(١١) (Bandel and Haddadin, 1979)، التي يعتقد بأنها ترسبت في بيئة بحرية شاطئية. و يمثل شكل ٤ ــ ٨ خريطة تمثل امتداد البحر في نهاية العصر الطباشيري العلوي.

لقد أجمعت الدراسات التي أجريت حول نشأة رواسب الفوسفات الأردني في مختلف المناطق بأنها بيوكيماوية حيث تم الترسيب في بيئة بحرية ضحلة جداً (٩، ١١، ٢٢، ٢٤، ٢٧، ٢٩).
Saadi, 1969; Beerbaum, 1977; Khalid, 1980; Sadaqa, 1983,
Mikbel and Abed, 1985; Bandel and Mikbel, 1985).



شكل ٤ ــ ٧ نموذج يبين صعود التيارات الباردة الغنية بالفوسفات.



شكل ٤ ــ٨ خريطة تمثل انتشار بحر التيثس خلال أواخر العصر الطباشيري العلوي (٥)

وفي أحدث دراسة قام بها(١٧) Fakhoury, 1987 حول نشأة الفوسفات الأردني تبين بأن هناك تشابه كبير في التركيب الكيماوي والمعدني في النسيج والتضاريس الدقيقة للحبيبات الفوسفاتية وقطع الفوسفات الصخرية Intraclasts . وتختلف الى حد ما من الناحية الكيماوية عن تركيب بقايا العظام والأسنان الفوسفاتية كما تبين أنهما شكلان لأصل واحد وهو الطين الفوسفاتي و يختلفان فقط في حجم الحبيبات والمادة اللاحمة بين حبيبات الفوسفات ناتجة عن النشاط البكتيري. و بالتالي فان الفوسفات ترسب أولا كطين فوسفاتي تعرض لعمليات التعرية والنقل واعادة الترسيب الميكانيكي لحبيبات الفوسفات ثم اعادة التماسك.

وهناك مشكلات عديدة غير محلولة بالنسبة لنشأة الفوسفات الأولية أو الثانوية، والعوامل التي تؤدي الى التركيز غير العادي لعنصر الفوسفور في المحيطات ووجود المغنيسيوم الذي يعيق ترسيب الفوسفات، ووجود الفوسفات في طبقات متعددة خلال العمود الجيولوجي، وتأثير العوامل الجيوكيماوية المختلفة على درجات الترسيب، وعلاقة وجود طبقات الصوان مع الفوسفات. وقد يكون الفوسفات الأردني من أفضل الأمثلة لاجراء الكثير من الأبحاث لحل المشكلات العلمية المستعصية المتعلقة بنشأة الفوسفات. فمثلا ساعدت هجرة عنصر المغنيسيوم لتكوين المعادن الطينية المختلفة في الفوسفات الأردني في ترسيب الفوسفات(٧). كما أعطت مصاحبة طبقات الصوان المتجوي جزئياً الى تريبولي لطبقات الفوسفات الجواب حول نشأة التريبولي ذي الأصل العضوي (دياتوميت).

References

1. Abed, A., and Khalid, H, H., 1985: Distribution of uranium in the Jordanian phosphates, Dirasat, 7: 91 - 103.
2. Abed, A., and Mansour, H., 1982 : Petrography and chemistry of some lower Cretaceous glauconites from Jordan, Dirasat, 9 : 67 - 80.
3. Abed, A., and Ashour, M., 1987 : Petrography and age determination of the NW Jordan phosphates. Dirasat, 14 : 242-265.
4. Abu- Ajamieh, M., 1974 : Uranium resources in Jordan, Unpublished Report. NRA, Amman.
5. Adamia, S., Chkhotua, M., Kekelia, M., Lordkipanidz, M., Sharishvili, I., and Zachariadze, G., 1981 :- Tectonics of the Caucasus and adjoining regions : Implications for the evaluation of the Tythys ocean: J. of Structural Geol., 3: 437-447.
6. Al-Agha, M., 1985: Petrography, mineralogy, geochemistry and genesis of the north Jordan Phosphates. Unpublished M.SC. thesis, U. of Jordan, Amman.
7. Al-Hawari, Z., 1986: Clay minerals associated with the Jordanian phosphates and its possible industrial utilization. Unpublished M.Sc. thesis, U. of Jordan, Amman.
8. Basha, S., 1987: On the Tertiary phosphate rocks of the Risha area, NE Jordan. Dirasat, 14 : 211-227.
9. Beerbaum, B., 1977: Die Genese der marin-sedimentaren Phosphat-lagerstatte von Al Hasa., Geol. JB., 24, 58 p.
10. Bandel, K., and Haddadin, A., 1979: The depositional environment of amber-bearing rocks in Jordan. Dirasat, 11 : 39-62.
11. Bandel, K., and Mikbel, S., 1985: Origin and deposition of phosphate ores from the Upper Cretaceous at Ruseifa. Mitt. Geol. Paleont. Inst. Hamburg. 59: 167-188.
12. Bender, F., Echhardt, F., and Heimbach, E., 1970: Rohstoffe Zur Dungemittelherstellung und phosphat Basis in Jordanien. BGR Unpublished Report, Hanover.
13. Blake, G., 1930 : The mineral resources of Palestine and Trans-Jordan. Printing and Stationary Office, Jerusalem.
14. Blake, G., 1936: The stratigraphy of Palestine and its building stones. Printing and Stationary Office, Jerusalem,
15. Burdon, D., 1959: Handbook of the geology of Jordan to accompany and explain the three sheets of the 1: 250.000 geological map, east of the Rift by A.M. Quennell.
16. Coppens, R., Bashir, S., and Richard, P., 1977 : Radioactivity of Al-Hasa phosphates, a preliminary study. Mineral. Deposita. 12 : 189-196.

17. Fakhoury, K., 1987: Chemical variability in francolites from Jordan, and role of microbial processes in phosphogenesis. Unpublished M.Sc. Thesis, U. of Jordan, Amman, 127 p.

18. Hamam, K., 1977: Foraminifera from Maestrichtian phosphate-bearing strata of El-Hasa, Jordan., J. of Foraminiferal Research, 7:1.

19. Jallad, I., 1977: Investigation on the upgrading processes of the low grade phosphates. Unpublished Ph.D. thesis, Cairo U., Cairo.

20. JPC, 1986: Jordan Phosphate Mines Co. LTD. Annual Report.

21. Karam, S., 1967: Studies on some phosphate bearing rocks in Jordan. Unpublished M.Sc. thesis, Ain Shams U., Cairo.

22. Khalid, H., 1980 : Petrography, mineralogy, and geochemistry of Esh-Shidya phosphates, Unpublished M.Sc. thesis, U. of Jordan, Amman.

23. Khalid, H., and Abed, A., 1982: Petrography and geochemistry of Esh-Shidya phosphates. Dirasat, 9: 81-102.

24. Mikbel, S., and Abed, A., 1985 : Discovery of large phosphate deposits in NW Jordan. Dirasat, 12: 125-136.

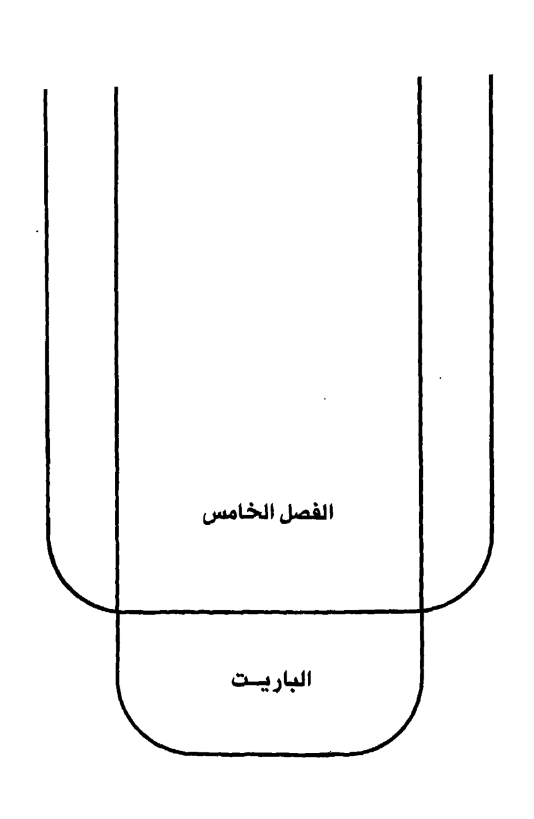
25. Reeves, M., and Saadi, T., 1971 : Factors controlling the deposition of some phosphates bearing strata from Jordan. Econ. Geol., 68 : 541-465.

26. Rosch, H., and Saadi, T., 1975 : Types of phosphate rocks and their chemical and petrological characteristics. Technical Report. DP/UN/Jordan- 70- 521/2, published by the United Nations.

27. Saadi, T., 1969 : Mineralogy, crystal chemistry, and genesis of some Jordanian phosphate ores. Unpublished M.Sc. thesis, Durham, England.

28. Saadi, T., and Shaaban, M., 1981 : Uranium in Jordanian phosphates and its distribution in the beneficiation processes. The Fourth Arab Min. Res. Conf., Amman.

29. Sadaqa, R., 1983 : Geology and new phosphate deposits of Wadi El-Abiad area, central Jordan. Unpublished M.Sc. thesis, U. of Jordan, Amman.

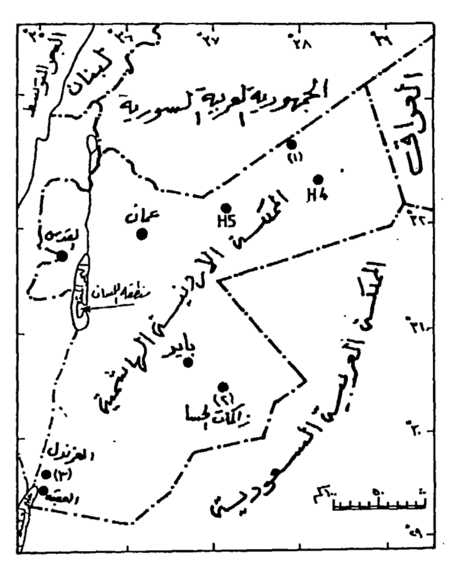


الفصل الخامس

الباريـت

الباريــت

يوجد الباريت Ba SO4 في عدة مناطق في الأردن (شكل ٥ ـ ١) بكميات محدودة ليس لها أهمية اقتصادية هي H-4 في الشمال وزاكمات الحسا في الشرق وفي منطقة الغرندل ـ وادي عربة في الجنوب. كما يوجد أيضاً في منطقة بيت ساحور بالضفة الغربية على شكل غير منتظم ومحدود في صخور الحجر الجيري الكتلي والأكينو يدي التابع للعصر التوروني والسانتوني. ولقد بين (١) Bender, 1974 أماكن توزع هذه الرواسب في الأردن.



(١) الباريت شمال H4 (٢) الباريت في زاكمات الحسا

(٣) الباريت في وادي أم سيالة.

شكل ٥ ـ ١ أماكن وجود الباريت في المملكة الأردنية الهاشمية

البازيت في منطقة الاجفور H-4

تتكشف قواطع الباريت وعروقه في منطقة تقع ٤٦ كم شمال غرب محطة H-4 بالقرب من الحدود السورية. و يملأ معدن الباريت الشقوق والفواصل على طول نطاق التصدع في طبقات الحجر الجيري والصوان والمارل التابعة لوحدة الحجر الجيري ـ الصوان من العصر الأيوسيني الأسفل. و يبلغ طول أكبر قاطع باريت حوالي ٧٠م وعرضه ٦ر٠م. وتبين دراسات سلطة المصادر الطبيعية وتحاليلها لبعض العينات من منطقة H-4 (٢) (NRA, 1981) أن تركيز الباريوم يصل الى ٢٣ر٤٥٪ في العينات النقية، وأن هناك تركيزاً للنحاس في بعض العينات يصل الى ٥٠٠ جزء بالمليون.

و يمكن أن يكون للباريت في منطقة H-4 مدلول اقتصادي كمصدر للخامات الحرمائية، و بالتالي يجب دراسة متابعة امتداد الخام تحت السطح بالوسائل الجيوفيزيائية والجيوكيمياو ية كافة ، اذ يوجد تمعدن لخامات من النحاس. وكما هو واضح فان نشأة الباريت والنحاس المصاحب له هو الترسب من المياه الحرمائية الصاعدة في الشقوق والفواصل على طول امتداد منطقة التصدع.

الباريت في زاكمات الحسا

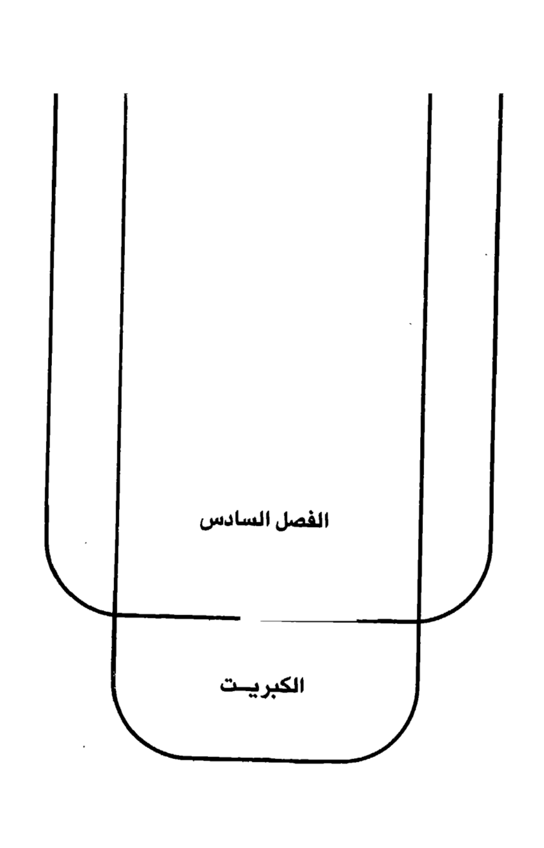
تنتشر عقد الباريت في مساحة محصورة في كيلومترمربع واحد وعلى شكل ورد صحراوي (Desert Roses) في منطقة زاكمات الحسا، على بعد ٥٢ كم جنوب شرق باير في الجزء الشرقي من وسط الأردن. وتوجد الورود الباريتية على السطح العلوي من وحدة الحجر الرملي الكرنبي التابع للعصر الطباشيري الأسفل (السينوماني) كما يوجد الباريت كمادة لاحمة في الحجر الرملي وعلى شكل تجمع بلورات كاملة الأوجه يمكن أن تصل سماكتها الى بضعة سنتمترات. أما عن نشأة الباريت في هذه المنطقة فيعتقد بأنه ذو أصل حرمائي حيث خرجت المياه الحارة من منطقة التصدع وعملت كمادة لاحمة أو مالئة للفراغات في الحجر الرملي الكرنبي الملون. ولقد عملت التعرية في تشكيل الورد الصحراوي المكون من الكوارتز أساساً والباريت كمادة لاحمة.

الباريت في منطقة الغرندل

تقع المنطقة التي يوجد بها الباريت على بعد ١٢ كم شمال ـ شمال شرق الغرندل في المجرى السفلي لوادي أم سيالة. حيث يتشكل على شكل عروق وقواطع صغيرة لا تزيد في سماكتها عن ١٠ سم تمتد على طول منطقة التصدع، وكما يبدو فان نشأة الباريت هي الترسبات الحرمائية.

References

1. Bender, F., 1974: Geology of Jordan. Beitraege zur Regionalen Geologie der Erde. Gebruder Borntraeger Pub., Berlin. 196 P.
2. NRA, 1981 : Mineral occurrences in Jordan, Internal Report, NRA, Amman.



الفصل السادس

الكبريــت

الكبريت

يعد الكبريت من العناصر الأساسية والضرورية في صناعة الأسمدة الكيماوية، وبالتالي فان هنالك حاجة ماسة للبحث عن رواسبه في الأردن. وكما هو معروف فالكبريت موجود في منطقة لا تزيد مساحتها عن خمسة كيلومترات مربعة في منطقة المغطس على نهر الأردن (شرق أريحا) حيث توجد رواسبه على شكل طبقات رقيقة وعقد متبادلة مع طبقات الأنهيدريت والجبس والمارل، وتصل سماكة الطبقات الى ١٢م. وهي على شكل ترسبات في الشقوق والكسور للطبقات المكونة لتكوين اللسان مارل والذي يتبع عصر البلايستوسين.

ولقد أشار(٢) Bender, 1975 الى أن الكبريت موجود في مناطق شاسعة في الجزء العلوي من طبقات اللسان مارل، و يمكن متابعة هذه الطبقة في وادي الأردن من الشاطىء الشمالي للبحر الميت والى أكثر من ٤٠ كم شمالا. و يبين شكل (٦ ــ ١) الوضع الطبقي لتكوين اللسان في منطقة دامية.

يوجد الكبريت أيضاً كبلورات ناعمة جداً على شكل قشور أو مالئة للفراغات والشقوق على أسطح التصدع و بين مستويات التطبق وعلى شكل عقد وجيوب مصاحبة للجبس. و يوجد الكبريت الترابي كذلك على شكل طبقات ورقية تتبادل مع الطفال والمارل وتصل سماكة بعض العقد الكبريتية الى ١٠ سم في تكوين اللسان، و بشكل عام فان توزيع رواسب الكبريت غير منتظم.

ونتيجة لأهمية الكبريت في الصناعات الأردنية فلقد ركزت سلطة المصادر الطبيعية جهودها في البحث عنه في منطقة اللسان حيث حفرت ثلاث آبار استكشافية كان أعمقها ١٥٠م وذلك في عام ١٩٨٥. ولقد أخذت عينات صخرية ومائية (غنية بثاني كبريتيد الهيدروجين) حيث تبين عدم وجود الكبريت بكميات ذات أهمية.

وقد تابع قسم التعدين في سلطة المصادر الطبيعية دراسة تكشفات الكبريت في جنوب منطقة اللسان وتبين وجود الكبريت في شكلين أحدهما عقدي وعدسي بأقطار تتراوح بين ٢ ــ ١٥ سم على السطح الخارجي لطبقات المارل، وثانيهما متبلور ومركز في الفراغات والكسور وعلى أسطح التصدع داخل طبقات المارل. وتم حفر بئر استكشافية أخرى لغرض متابعة التوزع العمودي للكبريت وخاصة على طول الشقوق والفواصل. ولمعرفة عمق الغطاء الملحي استخدمت نتائج الدراسات الجيوفيزيائية والتحت سطحية وتبين بأنه يقع على عمق يتراوح بين ٢٠٠ ــ ٢٥٠م مع توقعات لترسبات الكبريت فوق الغطاء الملحي. وكانت نتيجة الحفر سلبية من حيث وجود الكبريت وكان المكون الأساسي لطبقات المارل البلايستوسيني هو الجبس والمارل والحجر الجيري الناعم.

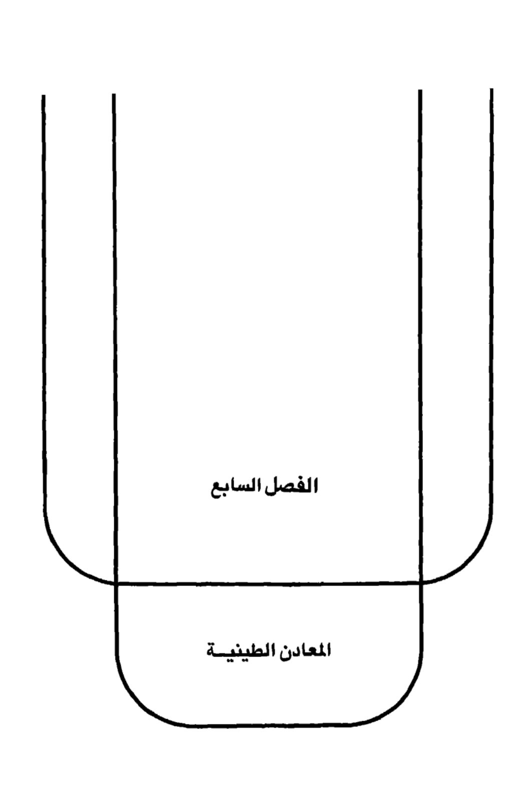
ان نشأة الكبريت في تكو ين اللسان تعزى الى عمليات الاختزال بواسطة البكتيريا المختزلة لرواسب الجبس والانهيدريت ولأكسدة غازات ثاني كبريتيد الهيدروجين المتصاعدة والمصاحبة للمياه الجوفية والينابيع الحارة التي كانت منتشرة في عصر البلايستوسين.

العمر	التكوين	وصف الصخور	
البلايستوسين العلوي	دامية	رمل جيري وحجر جيري	
	اللسان	جبس متطبق	
		جبس متطبق ومتبادل مع طفال	
	سمره	رمل جيري مع كونجلوميرات	

شكل ٦ ــ ١ شكل توضيحي يبين الوضع الطبقي لتكو ين اللسان في منطقة دامية (١).

References

1. Abed, A., 1985: Geology of the Damya Formation, Dirasat. 12 : 99-108.
2. Bender, F., 1975: Geology of the Arabian Peninsula, Jordan. Geol. Survey Professional Paper 560-I, Washington, 136 P.



الفصل السابع

المعادن الطينية

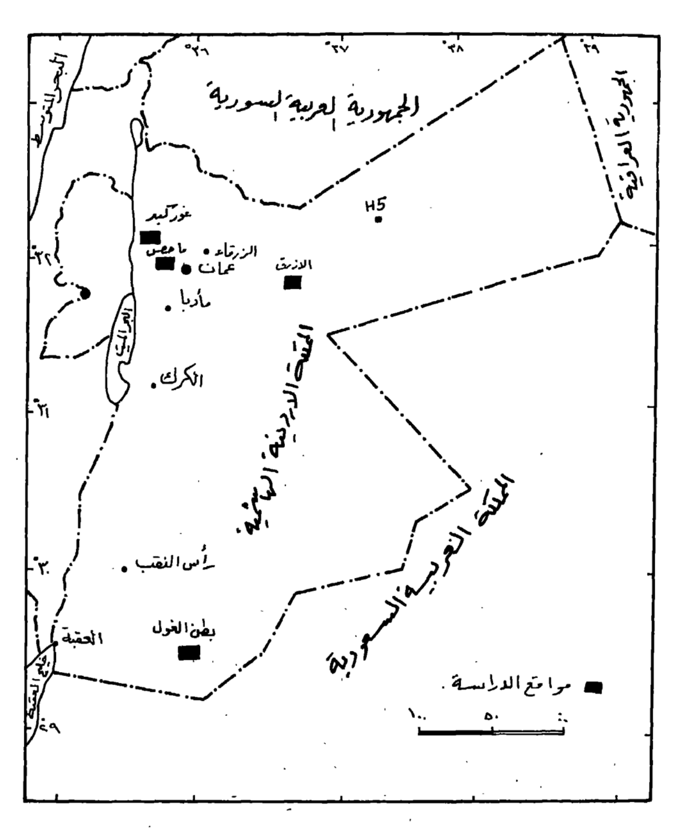
تـوجـد خـامـات المـعـادن الطينية في الأردن بكثرة وهي متوافرة في التتابع الطبقي منذ العصر الباليوزوي حتى الحديث. ولقد قامت سلطة المصادر الطبيعية في السنوات العشرين الماضية بدراسات جيولوجية واقتصادية عديدة لبعض الخامات في مناطق ماحص وغور كبد والأزرق والرشادية والفجيج و بطن الغول. كما قام المؤلف بدراسة تفصيلية للمعادن الطينية الاقتصادية في ماحص وغوركبد والأزرق و بطن الغول (شكل ٧ ــ ١). وسوف نستعرض فيما يلي موجزاً لما تم من دراسات حتى الآن :ــ

★ المعادن الطينية في وحدة الحجر الرملي الكرنبي

تتكشف طبقات الحجر الرملي الكرنبي في مناطق عديدة في شمالي الأردن حيث تعلوها وحدة الحجر الجيري العقدي التابع للعمر السينوماني، وتعلو هذه الوحدة الصخور الدولوماتية والجيرية التابعة للعصر الجوراسي. ولقد قام (٢،١) Abed (1978, 1982,) بدراسة هذه الصخور الرملية حيث وصف الحجر الرملي بأنه ملون، وغير متماسك يتكون أساساً من الكوارتز أرينيت وتصل سماكة هذه الصخور الى ٣٠٠م، و بين أن بيئة الترسيب هي نهرية مع تداخلات بحرية قليلة استدل عليها من وجود طبقات رقيقة من الفحم وثلاث نطاقات من الجلوكونيت Glauconite . وكذلك فان وجود العنبر Amber في طبقات مختلفة من العصر الطباشيري الأسفل يدل على تقدم المياه البحرية المتكرر على المناطق الساحلية (٥) (1979 Bandel and Haddadin,). وتوجد المعادن الطينية في معظم الأحيان على شكل عدسات أو طبقات مستمرة بين صخور الحجر الرملي الملون وتصل سماكتها في بعض الأحيان الى عدة أمتار. وقد تبين في دراسات قام بها المؤلف عن المعادن الطينية الموجودة في الحجر الرملي الكرنبي في مناطق ماحص وغوركبد (١٩، ٢٠، ٢٢) (1981, 1986; Khoury and Khalil, 1986 Khoury;) بأن هناك تشابهاً كبيراً بين خامات المعادن الطينية في مناطق ماحص وغوركبد من حيث التركيب المعدني والكيماوي والوضع الجيولوجي. لقد كان (١٦) Ibrahim, 1965 أول من ذكر امكانيات توافر خامات المعادن الطينية و بكمية اقتصادية في مناطق غوركبد وماحص. وفي عام ١٩٧٠ قامت سلطة المصادر الطبيعية بدراسات جيولوجية واقتصادية على خامات ماحص وقدر الاحتياطي بحوالي ٢ مليون طن متري (١٥) (Hall and Nimry, 1970). أما في منطقة غوركبد فلقد قدر الاحتياطي بحوالي ٥٠ ألف طن متري. وتقوم الشركة العامة للتعدين حالياً باستخراج خامات الصلصال من منطقة ماحص.

جيولوجية مناطق ماحص وغوركبد

ان التراكيب الجيولوجية الموجودة في المناطق من ماحص وحتى غوركبد هي عبارة عن صدوع عادية تتجه شمال جنوب بميل يصل الى ٦٠° وتوجد الخامات الطينية في طبقتين رئيسيتين في منطقة ماحص وتتراوح سماكة الطبقة العليا بين ٦ ــ ١٢م ومعدل سماكة



شكل ٧ ــ ١ خريطة تبين خامات المعادن الطينية الاقتصادية

الثانية السفلى حوالي ١٦م، أما في منطقة غوركبد فتتراوح سماكة الطبقات الطينية بين ٤ر٠ ــ ١٠م. و يبين الشكلان (٧ ــ ٢) و(٧ ــ ٣) التتابع الطبقي لوحده الحجر الرملي الكرنبي من العصر الطباشيري الأسفل في مناطق ماحص وغوركبد. و يبين الشكل (٧ ــ ٤) بيئة الترسيب لعينات مختلفة من الحجر الرملي والسلتي والطيني من تلك المناطق حيث يظهر بوضوح بيئة الترسيب النهرية. ولقد أثبت المؤلف Khoury, 1974(١٧) باستخدام التحليل الكمي للبورون بأنه يتركز في الحجم ٢ ــ ٢٠ ميكرون وليس بالحجم أقل من ٢ ميكرون، وقد كان سبب تركيز البورون بالأجزاء الحبيبية المختلفة راجعاً الى الفيلدسبار والميكا وليس نتيجة للامتصاص من ماء البحر المالح مما أدى الى الاستنتاج بأن الخامات الطينية في منطقة ماحص ترسبت من مياه عذبة.

التركيب المعدني والكيماوي للمعادن الطينية

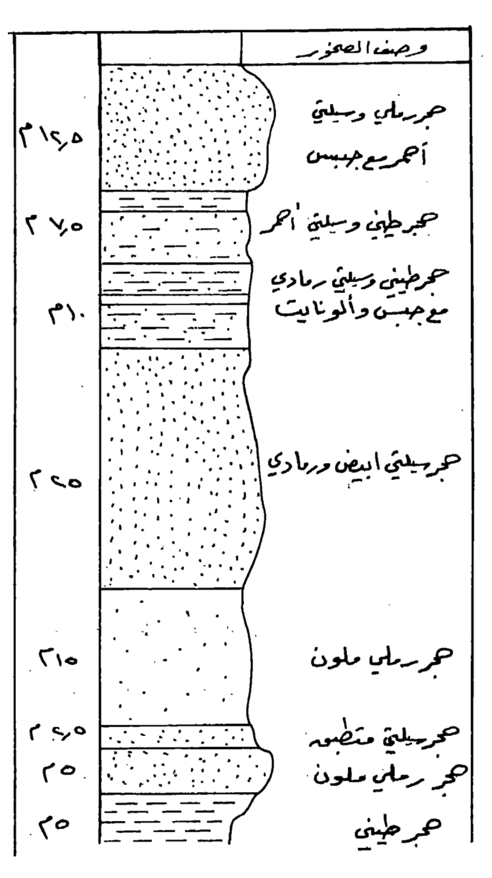
بينت الدراسة البتروغرافية لعينات من الصخور الطينية من مناطق ماحص وغوركبد درجة التشابه العالية لتلك الخامات من حيث التركيب المعدني والنسيج حيث تتكون أساساً من المعادن الطينية والكوارتز. وتظهر هذه الدراسة بوضوح درجات التفكك والتغير لمعادن الفيلدسبار والبيوتيت الى سيريسيت ومعادن طينية أخرى. و يبين الشكلان (٧ ــ ٥) و(٧ ــ ٦) الدرجات المختلفة للتغير الى المعادن الطينية التي تصل نسبتها الى أكثر من ٥٠٪ من المحتوى المعدني. وتوجد معادن ثانو ية مثل البيريت والهيماتيت والكالسيت والجبس والألونايت مصاحبة لبعض العينات الطينية. أما المعادن الثقيلة المصاحبة فهي المعادن المعتمة والزركون والروتايل والأناتيز والتورمالين والأ باتيت (شكل ٧ ــ ٧).

ومما يجدر ذكره أن العينات الطينية غنية بالمواد العضو ية التي يعتقد بأنها لجنيت وخاصة في طبقة الطين السفلى في منطقة ماحص.

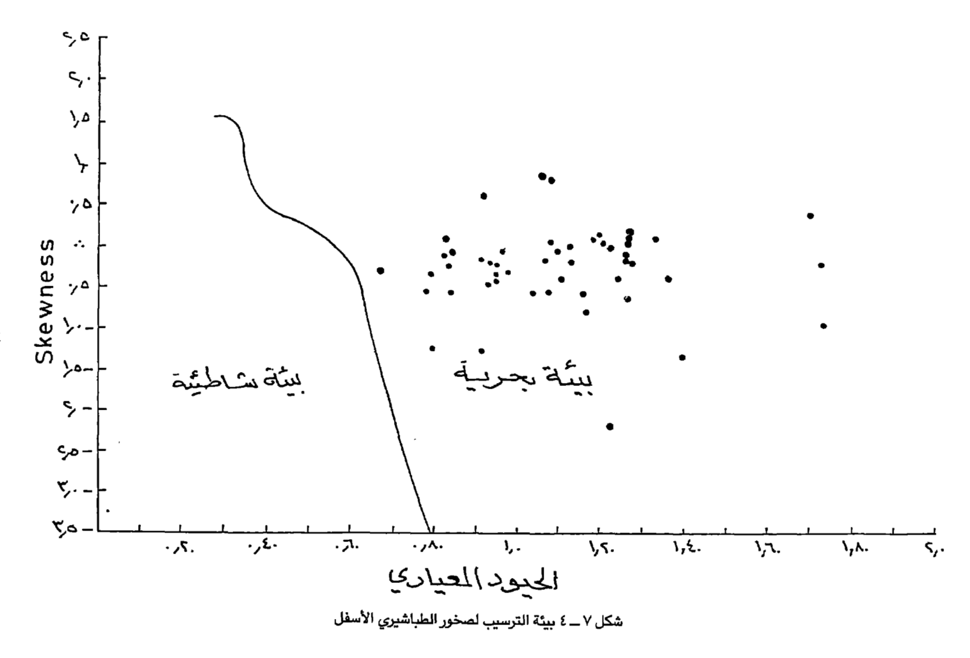
و يعد معدن الكاولينيت المكون الأساسي لخامات ماحص وغوركبد. ولقد بينت الدراسة بواسطة الأشعة السينية الحيودية للحجم أقل من ٢ ميكرون بأن الكاولينيت ذو درجة عالية من التبلور (شكل ٧ ــ ٨) وأن المعادن الطينية الأخرى المصاحبة هي المسكوفيت ــ إليت ومختلط الطبقات إليت / سميكتيت. و يبين شكل (٧ ــ ٩) السلوك الحراري لمعدن الكاولينيت من منطقة ماحص حيث يصبح المعدن غير متبلور على درجة حرارة (٥٥٠)°م وذلك لفقدان مجموعة الهيدروكسيل من التركيب البلوري. وتبين الدراسة بواسطة الأشعة تحت الحمراء بأن الكاولين على درجة عالية من التبلور (شكل ٧ ــ ١٠) وتبين صور الميكروسكوب الألكتروني الشكل السداسي الكاذب داخل بلورات الميكا الكبيرة (شكل ٧ ــ ١١) وتوجد بلورات الهالوزيت الأسطوانية مع الكاولينيت (شكل ٧-١٢) و يبين شكلا (٧ ــ ١٣، ٧ ــ ١٤) النسيج عالي المسامية في العينات الطينية من غوركبد وماحص ونمو بلورات الكاولين ذات الشكل السداسي الكاذب وجهاً لوجه على أسطح معادن المسكوفيت والاليت.

السمك بالامتار		وصف الصخور
٣٠ م		حجر رملي وسيلتي وطيني ملون
٤٠ م		حجر رملي ابيض كتلي
١٠ م		حجر سيلتي ارجواني وابيض
٤٠ م		حجر رملي ضعيف التماسك بني متطبق
١٠ م		حجر طيني وسيلتي (طبقة الخام العليا)
٣٥ م		حجر رملي غني بالحديد
١٦ م		حجر طيني متداخل مع طبقات من الحجر الرملي مع مواد عضوية وبيريت والونايت (طبقة الخام السفلي)
٤٥ م		حجر رملي بني

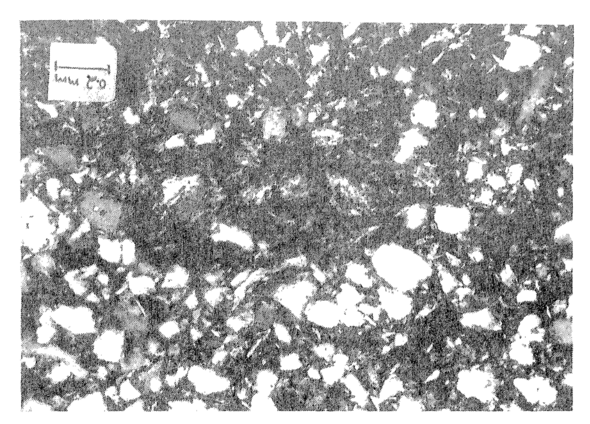
شكل ٧ ـ ٢ مقطع جيولوجي في منطقة ماخص.



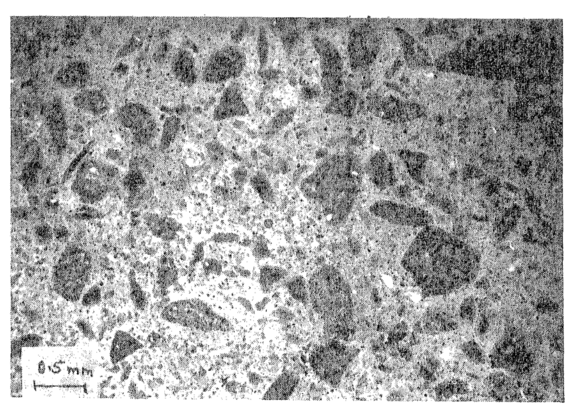
شكل ٧ ـ ٣ مقطع جيولوجي في منطقة غوركبد



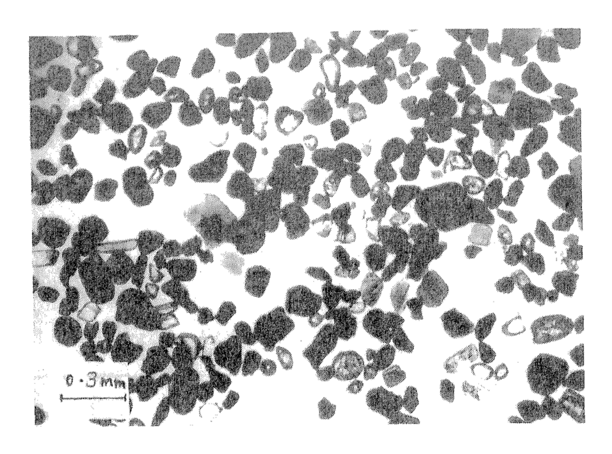
شكل ٧ ــ ٤ بيئة الترسيب لصخور الطباشيري الأسفل



شكل ٧ ــ ٥ صورة مجهرية تبين المراحل المختلفة لعمليات التجوية فيلدسبار ــ ميكا ــ كاولينيت.



شكل ٧ ــ ٦ صورة مجهرية تبين آثار الفيلدسبار وبقايا الكوارتز بعد تكوين الكاولينيت.



شكل ٧ ـ ٧ صورة مجهرية تبين المعادن الثقيلة : الزركون والروتايل والتورمالين والمعادن المعتمة من وحدة الحجر الرملي الكرنبي.

و يبين الجدولان (٧ ـ ١ و٧ ـ ٢) معدل التركيب الكيماوي للعناصر الأساسية والنادرة في عينات طينية من الطبقتين الرئيسيتين للخام من منطقة ماحص. و يصل معدل أكسيد الألومنيوم في العينات الصخرية حوالي ٤ ر٢٠٪ في الطبقة العليا وحوالي ١٨٪ في الطبقة السفلى، وتصل النسبة في الحجم أقل من ٢ ميكرون الى ٤٠٪ و٣٨٪ في الطبقات العليا والسفلى. ومما يجدر ذكره أن نسبة أكاسيد الحديد تزيد في الطبقة السفلى وتصل الى ٥٪ في الحجم أقل من ٢ ميكرون. وتتشابه الطبقات الحاملة للمعادن الطينية الى حد كبير في مناطق ماحص وغوركبد، وهناك تركيز لأوكسيد التيتانيوم على شكل معادن منفصلة من الروتايل والأناتيز تتركز أيضاً في الحجم أقل من ٢ ميكرون. وكذلك فان العناصر النادرة ربما تكون موجودة في التركيب البلوري للكاولينيت والاليت الا أن بعضها مثل الزركونيوم والأتريوم والنيكل والنيو بيوم قد يكون مصاحباً للمعادن غير الطينية مثل الزركون والفيلدسبار.

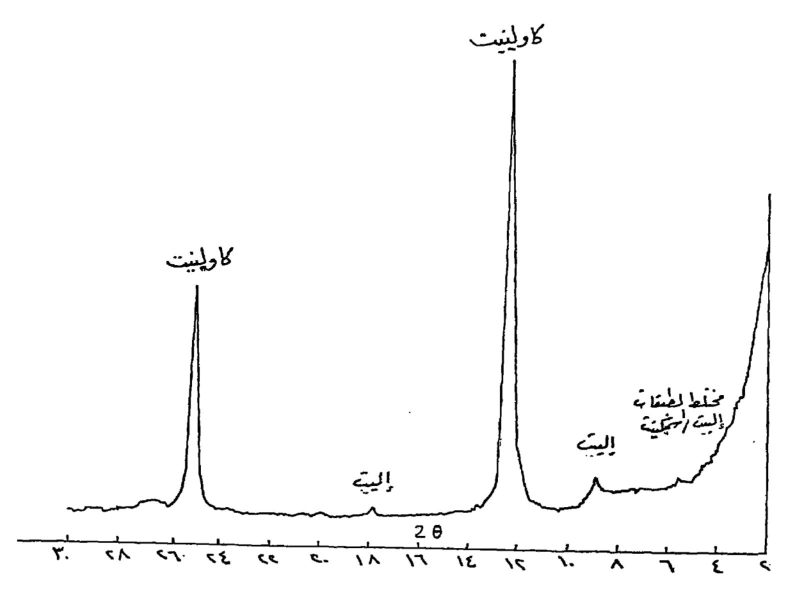
جدول (٧ ـ ١) معدل التركيب الكيماوي للأكاسيد المكونة لخامات الكاولينيت من منطقة ماحص

الأكاسيد ٪	الطبقة العليا		الطبقة السفلى	
	العينة الكلية	أقل من ٢ ميكرون	العينة الكلية	أقل من ٢ ميكرون
Si02	72.77	52.87	72.66	53.09
Al203	20.36	40.04	17.94	37.59
Fe203	1.29	1.90	3.76	4.68
Ti02	2.23	2.18	2.62	1.97
CaO	1.78	.36	1.19	0.36
Mg0	0.55	.36	0,59	0.41
Na20	0.13	.21	0.14	0.6
K20	0.69	1.34	0.73	1.46
P205	0.09	0.10	0.12	0.10

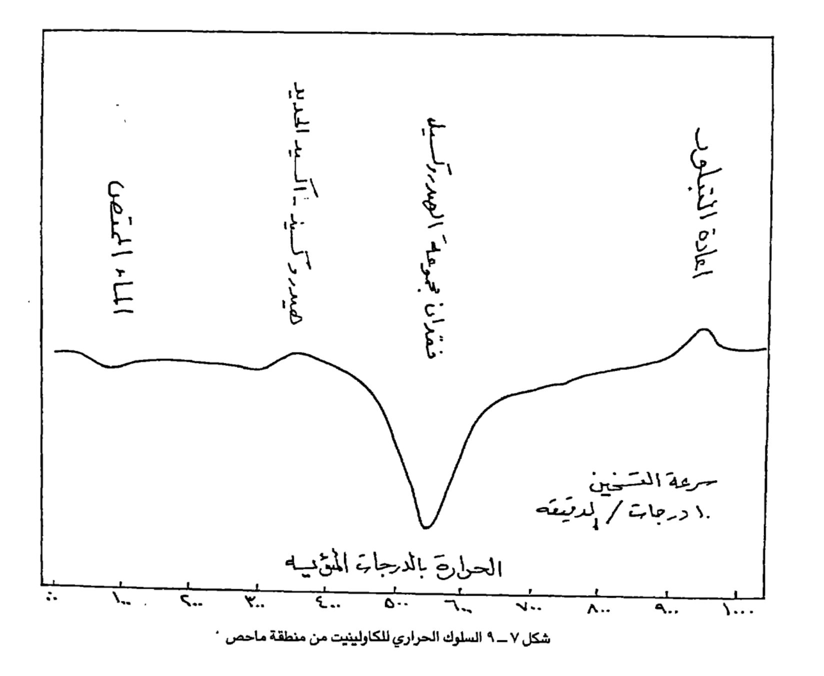
جدول (٧ ـ ٢) معدل التركيب الكيماوي للعناصر الشحيحة لخامات الكاولينيت من منطقة ماحص

(جـــــــزء بالمليون)

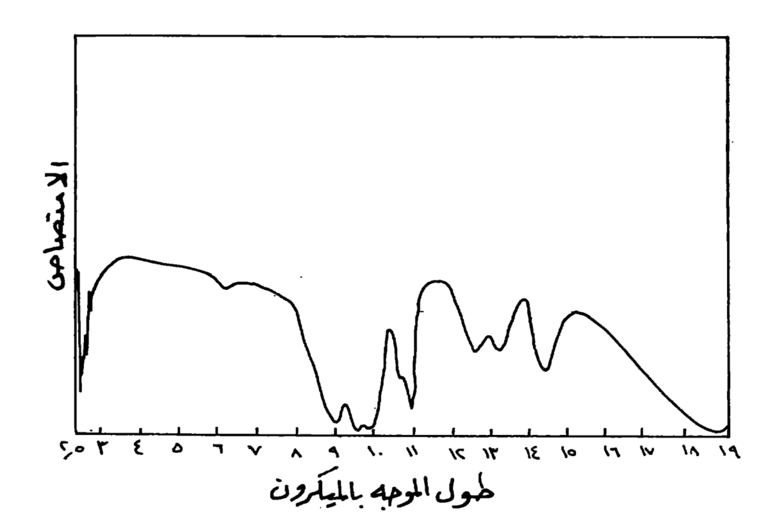
العناصر	Ba	Ce	Co	Cr	Cu	La	Nb	Ni	Pb	Rb	Sc	Sr	Th	V	Y	Zn	Zr
الطبقة العليا	239	113	8	87	40	137	61	47	15	16	18	175	20	85	57	21	659
الطبقة السفلى	269	128	7	105	72	167	55	47	28	23	21	186	15	180	59	13	560
الطبقة العليا الحجم أقل من ٢ ميكرون	345	166	7	132	71	205	34	38	36	68	23	258	19	110	29	30	182
الطبقة السفلى الحجم أقل من ٢ ميكرون	395	173	9	128	91	202	39	36	42	75	26	301	12	156	35	32	208



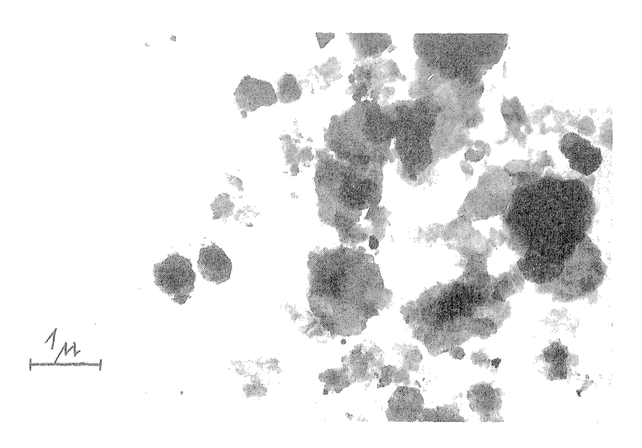
شكل ٧ ــ ٨ سجل الأشعة السينية الحيودية للمعادن الطينية من منطقة ماحص.



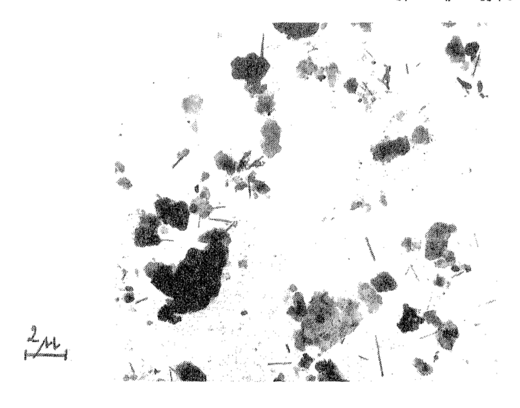
شكل ٧ـ٩ السلوك الحراري للكاولينيت من منطقة ماحص.



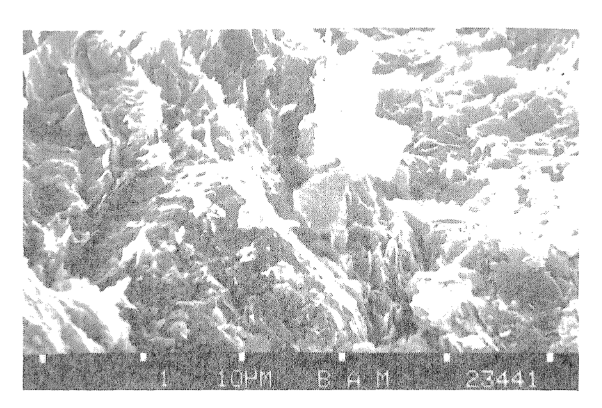
شكل ٧ ـ ١٠ طيف الأشعة تحت الحمراء للكاولينيت من ماحص



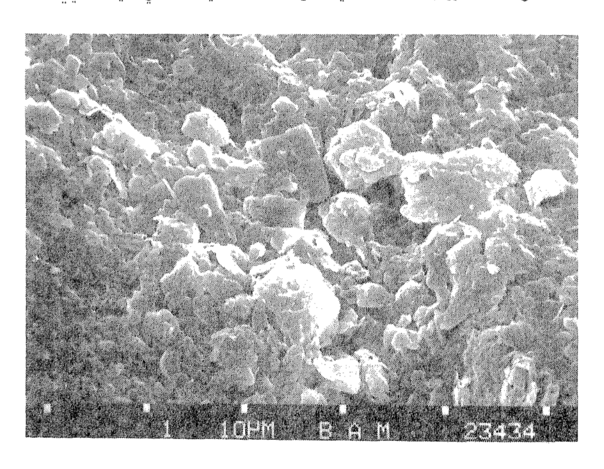
شكل ٧ ـ ١١ صورة بالمجهر الألكتروني تبين الشكل السداسي الكاذب للكاولينيت ونمو بلورات الكاولينيت الصغيرة داخل بلورات الميكا الأكبر.



شكل ٧ ـ ١٢ صورة بالمجهر الألكتروني تبين بلورات الهالوزيت الأسطوانية الشكل مع كاولينيت وإليت.



شكل ٧ ــ ١٣ صورة بالمجهر الألكتروني الماسح تبين نسيجاً عالي المسامية في العينات الطينية.



شكل ٧ ــ ١٤ صورة بالمجهر الألكتروني الماسح تبين نمو بلورات الكاولينيت وجهاً لوجه على أسطح معادن المسكوفيت.

نشاة الخامات الطينية في وحدة الحجر الرملي الكرنبي

ترسبت صخور هذه الوحدة الرملية والطينية على شكل حبيبات في بيئة نهرية (٢٠،١٧،١) (Khoury, 1974; Abed, 1978; Khoury, 1986) خلال فترة الكريتاسي (الطباشيري) الأسفل. وتتكون الصخور الطينية من الكوارتز ومزيج من المعادن الطينية. و يعتبر الكاولين هو المكون الأساسي للمعادن الطينية ثم السيريسيت ــ مسكوفيت كمكون جانبي، وهنالك آثار من مختلط الطبقات إليت / سميكتيت، و بقايا معادن الفيلدسبار والبيوتيت في العينات الطينية. و يعتقد أن تكو ين السيريسيت والكاولين كانت ضمن عمليات التجو ية الكيماو ية لمعادن الفيلدسبار والميكا التي ترسبت ميكانيكياً منذ البداية مع معادن الكوارتز والكاولين. ان وجود المواد العضو ية وطبقات الفحم الرقيقة في الطبقات العليا (٢،١) (Abed, 1982,) أدى الى تكو ين ظروف حامضية في المياه المتخللة التي ساعدت في عمليات التجو ية الكيماو ية لبلورات الميكا والفيلدسبار وذلك بعد عمليات الترسيب الميكانيكي. و بالتالي فان جزءاً من الكاولينيت في الحجر الرملي الكرنبي هو نتيجة للتجو ية الكيماو ية. ومما يؤكد شدة التجو ية الكيماو ية ترسيب معادن ثانو ية مثل الألونايت المنتشر بكثرة مع الطبقات الطينية وذو بان الحديد من المعادن الغنية بالحديد مثل الجلوكونيت والبيوتيت الموجودة في طبقات أعلى وترسبها على شكل أكسيد أوكبريتيد فوق مستوى المياه الجوفية أو تحته.

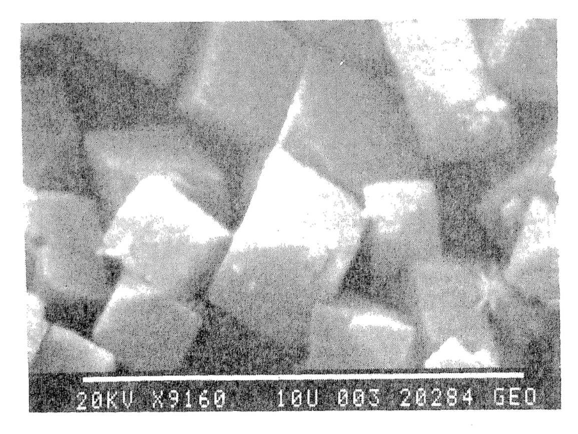
و يوجد معدن الألونايت على شكل عدسات أو طبقات رقيقة أو مختلطاً مع الكاولينيت. و يبين شكل ٧ ــ ١٥ الألونايت من منطقة غوركبد. و يتميز بوجود احلال بين البوتاسيوم والصوديوم (٢١) (Khoury, 1987) كما هو مبين في المعادلة التالية :ــ

$$(K_{0.7}\ Na_{0.28})\ Al_{2.93}\ (SO_4)_{2.04}\ (OH)_{5.68}$$

ومما يجدر ذكره أن الألونايت ترسب نتيجة تفاعل حامض الكبريتيك المتخلل الى أسفل (الناتج عن عمليات أكسدة البيريت) مع الكاولينيت والاليت.

★ المعادن الطينية في منطقة الأزرق

تتكشف الرواسب الطينية على السطح قرب قرية الدروز في منطقة الأزرق، بينما تعلوها طبقات رقيقة من المارل والطين الرملي في مناطق أخرى. وتتراوح سماكة الخامات الطينية بين ١ ــ ٥ م. ولقد قامت سلطة المصادر الطبيعية (١٤،٩) (Haddadin, 1974; Darwish, 1978) بدراسة لهذه الخامات تبين منها أنها من النوع بنتونيت (الاسم التجاري لأي خام طين تصل فيه معادن السميكتيت القابلة للانتفاخ الى ٧٠٪)، وأن الاحتياطي يصل الى عشرة ملايين طن متري.

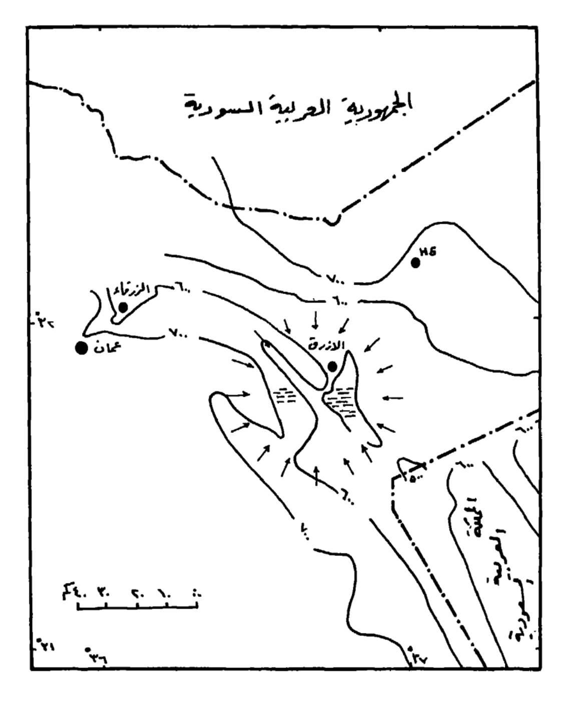


شكل ٧ ــ ١٥ بلورات الونايت معينية الشكل من منطقة غور كبد.

جيولوجية منطقة الرواسب الطينية

يقع منخفض الأزرق على بعد ١١٠ كم شرق عمان و يصل ارتفاعه الى ٥١٠م فوق سطح البحر، والمنطقة منبسطة وتعتبر حوضاً مغلقاً يتجه شمال غرب ــ جنوب شرق. والطقس في تلك المنطقة جاف حيث أن معدل سقوط الأمطار يصل الى (٨٠) مم فقط، و ينساب عدد من الينابيع ذات درجات الملوحة المختلفة الى المنخفض الذي تصل اليه المياه أيضاً من التلال المجاورة(٤) (شكل ٧ ــ ١٦ ; Arsalan, 1976). و يعتبر منخفض الأزرق الجزء الشمالي لمنخفض وادي سرحان حيث يمتلىء بالرواسب المختلفة من الصخور المحيطة والتابعة لعصر بلايستوسين. و يحتوي الجزء العلوي (٢٠م) الذي يعلو الحجر الرملي والكونجلوميرات على الرواسب الطبقية الرملية البنية اللون من عصر هولوسين تقطعها طبقات من الجبس والصخر الملحي والمارل، وتحيط الصخور البركانية البازلتية من عصر البليستوسين الجزء الشمالي من منخفض الأزرق، وتمتد شمال شرق المنطقة حيث تغطي مساحة ٨٥٠٠ كم٢ وتصل سماكتها الى ١٥٠م(٨) (Boom and Suwwan, 1966). وتتكشف صخور الحجر الجيري الصواني من

عـمـر باليوسين ــ إيوسين الى الغرب من المنخفض، أما الى الشرق فتتكشف طبقات من الحجر الـجـيـري والـرمـلي لـتبين طبقات الصوان والمارل من العصر نفسه، وتغطي المنطقة الى الجنوب بـالـحصى الـحـديث. و يعتقد (٦) Bender, 1974 بأن منخفض الأزرق تكون نتيجة هبوط بدون وجـود صـدوع رئـيسية في حقبة السينوزوي حيث تكونت بحيرة خلال عصر بليستوسين ترسب مـنـهـا المـلـح الصخري والجبس وذلك خلال نهاية عصر بلايستوسين (١٣) (Gruneberg and Dajani, 1964)



شكل ٧ ــ ١٦ منخفض الأزرق واتجاه المياه المغذية.

التركيب المعدني والكيماوي

تتكون المعادن غير الطينية المصاحبة لخامات الأزرق من الكالسيت والكوارتز والفيلدسبار بنسب متفاوتة تتراوح بين ٢٠ ـ ٥٠٪، أما المحتوى الأساسي من المعادن الطينية فهو مختلط الطبقات إليت / سميكتيت (نسبة طبقات السميكتيت ٧٠٪). وتوجد معادن الاليت والكاولينيت كمعادن جانبية بنسب مختلفة وفي حجم أكبر من ٢/١ ميكرون حيث يمكن التخلص منها بسهولة بطرق الفصل الميكانيكية. و يبين شكل ٧ ـ ١٧ نتائج الأشعة السينية الحيودية لعينات طينية من منطقة الأزرق (أقل من ٢/١ ميكرون) حيث يظهر مختلط الطبقات إليت / سميكتيت كمكون أساسي. ومما يجدر ذكره أن من نواتج تجو ية البازلت ومكونات رواسب حوض الأزرق الطينية النوع مختلط الطبقات إليت / سميكتيت. و يبين جدول ٧ ـ ٣ التركيب الكيماوي لعينتين احداهما من نواتج تجو ية البازلت والثانية لعينة طينية نقية من الأزرق. وكما هو واضح من التحليل الكيماوي فان الحديد Fe^{+3} الذي يوجد في الطبقات ثمانية الأوجه في الاليت / سميكتيت هو المكون الأساسي لنواتج تجو ية البازلت و يصل الى حد تسميتها نونترونيت Nontronite. أما المعادن الطينية من حوض الأزرق فلا

جدول ٧ ـ ٣ التركيب الكيماوي لعينات طينية من منطقة الأزرق

الاكاسيد ٪	1	2
SiO_2	43.48	66.33
Al_2O_3	11.51	17.07
Fe_2O	30.45	8.85
CaO	3.59	0.59
MgO	4.63	3.08
Na_2O	3.48	1.46
K_2O	0.89	2.62
	97.67	99.64

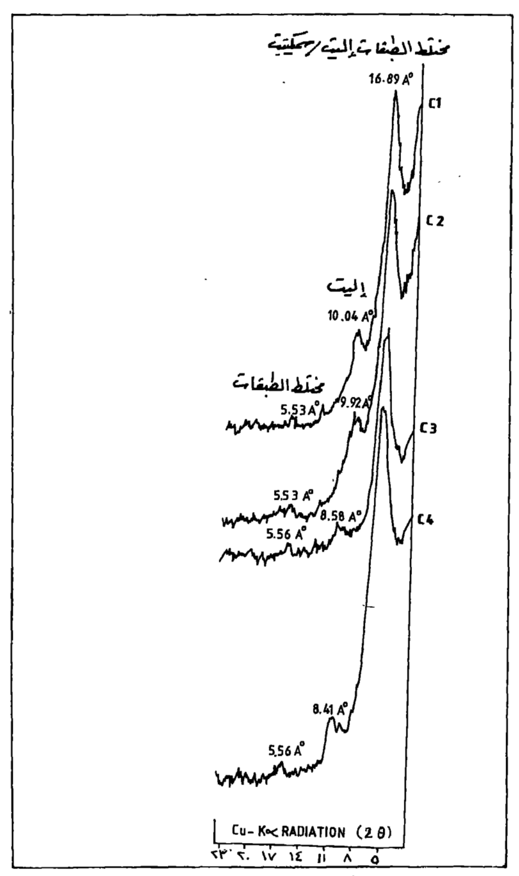
١ ـ عينة طينية من منخفض الأزرق
٢ ـ عينة طينية من نواتج تجوية البازلت

تصل الى ذلك الحد حيث يحل Fe^{+3} جزئياً محل الألمنيوم في الطبقات ثمانية الأوجه. وعلى أية حال فان طبقات معدن الاليت / سميكتيت Illite/Smectite غير منتظمة كما هو مبين في شكل ٧ ـ ١٧ وذلك لوجود انعكاسات غير منتظمة للأشعة السينية من المستو يات العمودية على المحور جـ الرأسي في البلورات، ودلت الدراسات التي قام بها (١٨) (Khoury, 1980) على أن الطبقات ثمانية الأوجه تحمل شحنة سالبة عالية حيث تتقلص الطبقات الى تركيب مشابه للاليت عند تشبعها بالبوتاسيوم.

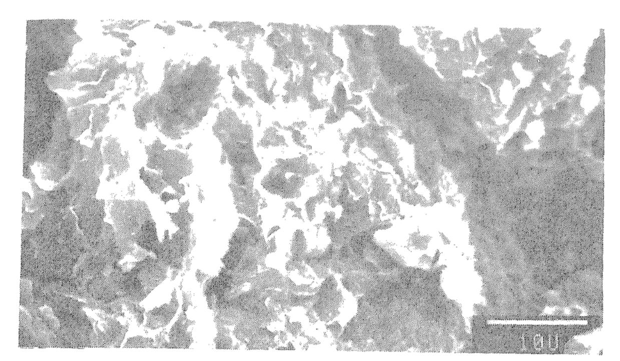
نشأة الرواسب الطينية في الأزرق

نتيجة للدراسة التي قام بها المؤلف (١٨) (Khoury, 1980) فان معظم المعادن الطينية المترسبة في حوض الأزرق هي ناتج للتجو ية الكيماو ية للصخور البركانية البازلتية المحيطة بالمنطقة حيث انتقلت النواتج المعدنية وترسبت في بحيرة الأزرق ميكانيكياً. ولقد استمرت عمليات التجو ية الكيماو ية ونمو البلورات كما زادت نسبة الطبقات القابلة للتمدد والانتفاخ في المعدن مختلط الطبقات وذلك بعد عمليات الترسيب. وتدل صورة الميكروسكوب الألكتروني (شكل ٧ ـ ١٨) على النمو المتواصل لبعض بلورات إليت / سميكتيت مما يؤكد التغيرات المعدنية بعد الترسيب وامكانية نمو بلورات جديدة من المحاليل المتخللة.

ان قابلية هذه المعادن للانتفاخ، وقدرتها على احلال الأ يونات والمواد العضو ية تطبيقات صناعية في مجالات مختلفة. وتجري حالياً أبحاث في كلية الزراعة بالجامعة الأردنية لغرض خلط المعادن الطينية من الأزرق مع الأعلاف المختلفة وذلك لأغراض التسمين.



شكل ٧ ــ ١٧ نتائج تحاليل الأشعة السينية الحيودية لعينات طينية مشبعة بالجلسرين حيث تظهر الانعكاسات القاعدية لمعدن مختلط الطبقات إليت / سميكتيت.



شكل ٧ ــ ١٨ صورة بالمجهر الألكتروني الماسح تبين طبيعة المعادن الطينية من منطقة الأزرق حيث تظهر بوضوح عمليات نمو المعادن الطينية بعد الترسيب.

* المعادن الطينية في منطقة بطن الغول

تقع منطقة بطن الغول على بعد ٦٥ كم جنوب ــ جنوب شرق معان في جنوبي الأردن وتغطي مساحة تزيد على ٧٥ كم٢ (شكل ٧ ــ ١) ولقد ذكر (٧،٦) Bender, 1974; 1975 أنه توجد طبقات متتابعة من الطفال والحجر السلتي من صخور حقبة الحياة القديمة في جنوبي الأردن. وفي عام ١٩٨٠ قامت سلطة المصادر الطبيعية بدراسات عديدة في بطن الغول تضمنت عمل حفر وآبار استكشافية اضافة الى رسم خريطة جيولوجية بمقياس ١ : ٠٠٠ر٥٠، ودراسة لعينات صخرية عديدة وتقدير الاحتياطي المثبت الذي يصل الى أكثر من ٣ر٤ ملايين طن متري من المعادن الطينية (٢٦)(Sasa and Taha, 1983) ولقد اقترح (١٢) and Neville, 1980 Futian البيئة البحرية لترسيب هذه الخامات وذلك باستخدام بقايا البالينومورف Palynomorph.

جيولوجيا منطقة بطن الغول

يبين الشكل ٧ ــ ١٩ مقطعاً طبقياً عاماً لمنطقة بطن الغول (من الصخور المتكشفة وحفر الآبار) حيث تغطي الرواسب الحديثة التابعة للعصر الرباعي صخور العصر الطباشيري، حيث يكون الجزء العلوي (الطباشيري العلوي) بقايا طبقات وحدة الحجر الجيري والفوسفوريت، أما الجزء السفلي (الطباشيري السفلي) فيتكون من حوالي ٣٠م من

رواسب وديان

فوسفات وطبقات اويستر متبادلة مع الحجر الجيري والصوان والمارل

جحر رملي ملون وكلسي (الكريتاسي)

طبقات متبادلة (١٠-٤٠ سم) من الحجر الرملي السلتي والطيني (وحدة الحجر الرملي النوبي الليبي)

طبقات متبادلة من الطين والطفال والحجر السلتي - الجزء الأسفل طيني بيتوميني (وحدة الطفال - الطين)

طبقات متبادلة من الحجر الرملي والسلتي الطيني. (وحدة الحجر الرملي الكونغلومراتي)

الرباعي

الطباشيري العلوي

الطباشيري السفلي

السيلوري السفلي

السيلوري السفلي الأوردوفيشي العلوي

١٩٥ م

١٥٠ م

١٠٠ م

٥٠ م

٠

شكل ٧ ـ ١٩ مقطع عام يمثل التتابع الطبقي في منطقة بطن الغول.

الحجر الرملي الملون تعلو حوالي ٤٠م من الحجر الرملي الكتلي الأبيض الذي يعلو وحدة الحجر الرملي النوتيليدي (٣٠م). وتتبع وحدة الطفال ـ الطين التي توجد فيها نسبة عالية من المعادن الطينية العصر السيلوري السفلي، وتتكون أساساً من طبقات طينية ـ سلتية غنية بالميكا، ولقد اخترقتها الحفر الاستكشافية على عمق ٧٥م حيث تبين أن الجزء السفلي هو بيتيوميني يعلو وحدة الحجر الرملي الكونيولاري التابع للعصر الأوردوفيشي العلوي ـ السيلوري السفلي.

وتتركز في الجزء الغربي من المنطقة مجموعتان من الصدوع تتجه شمال غرب ـ جنوب شرق، وشرق غرب. ولقد قام (٢٢) Khoury and El-Sakka, 1986 بدراسة التركيب المعدني والكيماوي لخامات المعادن الطينية.

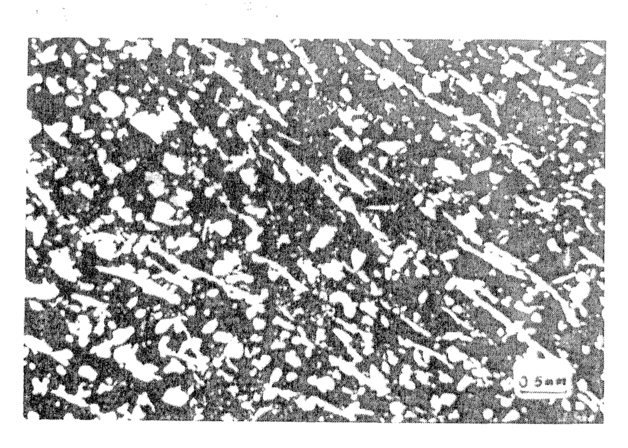
التركيب المعدني والكيماوي:

يتراوح معدل نسبة المحتوى الرملي والسلتي والطيني في الجزء الذي يعلو طبقات الحجر الطيني البيتيوميني ٣ ـ ١٠٪ و٢٩ ـ ٧٩٪ و١٢ ـ ٢١٪ على التتابع. حيث يطغى الحجم السلتي على بقية الأحجام، و يزداد في منطقة بطن الغول باتجاهات شرق وجنوب شرق حيث يوجد الكوارتز والفيلدسبار و المسكوفيت (السيريسيت) والبيوتيت وأكاسيد الحديد والكلوريت والزركون والروتايل والتورمالين كمكونات أساسية وجانبية ونادرة في وحدة الطفال ـ الطين. و يظهر الكوارتز كمعدن متآكل ومتأثر بالتغيرات بعد الترسيب، أما الفيلدسبار فهو شديد التجوية الى سيريسيت ومعادن طينية على الرغم من وجود بلورات البلاجيوكليز ضعيفة التجوية. و يعتبر معدن المسكوفيت من المكونات الأساسية التي تظهر على شكل بلورات رقيقة وطويلة نامية على حساب الأرضية الطينية والمعادن غير الطينية، وتظهر بعض العينات بلورات المسكوفيت مخترقة لمعادن الكوارتز والفيلدسبار (شكل ٧ ـ ٢٠). أما البيوتيت فيتجوى الى كلوريت وأكاسيد الحديد التي توجد أيضاً على شكل حبيبي وكمادة لاحمة تحل محل المعادن الطينية. ولقد تم التعرف على الجبس كمعدن ثانوي اضافة الى الكوارتز والفيلدسبار من ضمن مجموعة المعادن غير الطينية. أما المعادن الطينية فهي الكاولينيت والمسكوفيت والاليت والكلوريت والفيرميكيوليت ومختلط الطبقات إليت/ سميكتيت وسميكتيت. و يبين شكل (٧ ـ ٢١) نتائج دراسة بعض العينات بواسطة الأشعة السينية الحيودية حيث يظهر الكاولينيت كمكون أساسي ثم المسكوفيت ـ إليت وكلوريت ـ فيرميكيوليت. و يبين شكل ٧ ـ ٢٢ نسبة المعادن الطينية وغير الطينية في احدى الآبار المحفورة في المنطقة حيث تتراوح نسبة الكوارتز بين ٩ ـ ٢٩٪ والفيلدسبار (٠ ـ ٢٪) والمسكوفيت ـ إليت وفيرميكيوليت (٢٣ ـ ٣٥٪) والكاولينت (٢٦ ـ ٤٢٪). و يبين شكل ٧ ـ ٢٣ السلوك الحراري للمعادن الطينية لبعض العينات من منطقة بطن الغول حيث يستدل بأن الكاولينيت هو المكون الأساسي. وتزداد نسبة الماء الممتص نتيجة وجود إليت/ سيمكتيت وفيرميكيوليت وجوثيت. وتظهر صورة الميكروسكوب الالكتروني (شكل ٧ ـ ٢٤) طبيعة

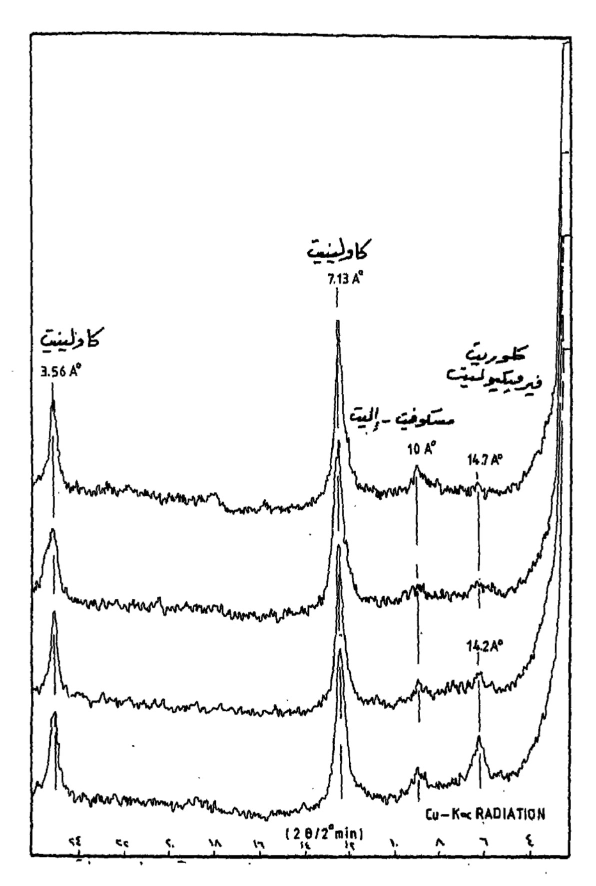
الرواسب الطينية في منطقة بطن الغول حيث تظهر المعادن الطينية باتجاه مواز لاتجاهات التطبق. و يبين جدول ٧ ـ ٤ معدل التركيب الكيماوي للعينات الصخرية من ثلاث آبار محفورة في منطقة بطن الغول حيث تزداد نسبة اكسيد الألومنيوم وتقل نسبة اكسيد السيليكون على حساب المعادن الطينية. و يوجد أكسيد الحديد في الغالب على شكل حبيبي ممثلا في معدن الجوثيت.

نشأة الرواسب الطينية في منطقة بطن الغول:

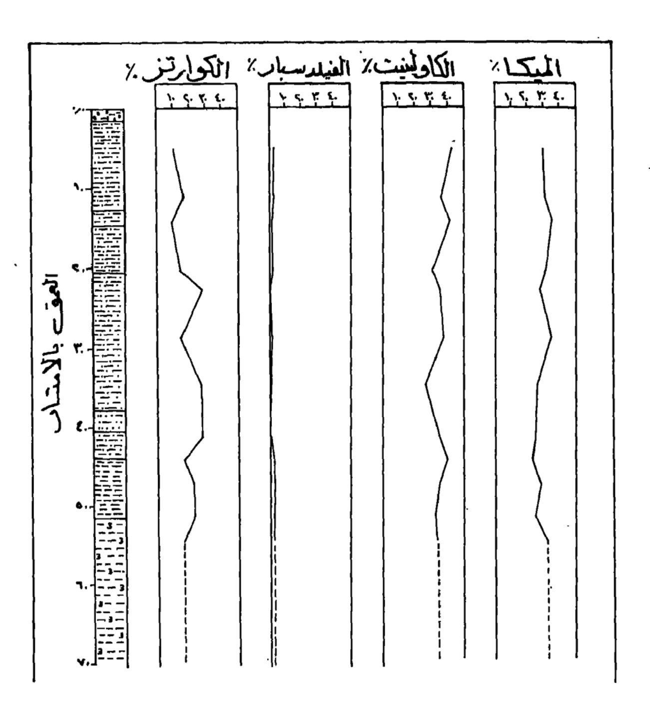
ترسبت المعادن الطينية وغير الطينية ميكانيكياً على شكل حبيبي في بيئة بحرية. ولقد كان مصدر هذه الرواسب الضخمة هو السطح المجوي لصخور القاعدة النارية والمتحولة الواقعة في شرقي وجنوب شرقي الأردن وسيناء. و يعتقد بأنها كانت ذات تركيب حامضي ومتوسط حيث انتقلت المعادن المختلفة التي كان الكاولين مكوناً أساسياً لها وترسبت ودفنت وتعرضت بعد الترسيب لجميع التغيرات. و يظهر هذه التغيرات في تجو ية الفيلدسبار الى سيريسيت ثم كاولينيت وتآكل الكوارتز ونمو بلورات المسكوفيت في اتجاه التطبق و وجود الكلوريت والفيرميكيوليت كنناتج ثانوي من تجو ية البيوتيت بعد الترسيب.



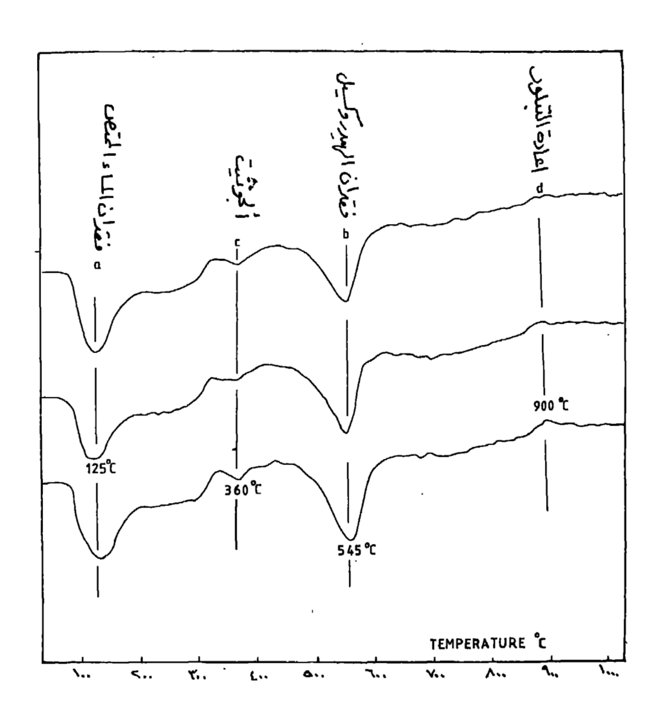
شكل ٧ ـ ٢٠ صورة مجهرية تبين نمو بلورات المسكوفيت باتجاهات شبه متوازية على حساب الأرضية الطينية والمعادن غير الطينية.



شكل ٧ ـ ٢١ نتائج دراسة الأشعة السينية الحيودية لبعض العينات الطينية من منطقة بطن الغول.



شكل ٧ ـ ٢٢ نسبة المعادن في احدى الآبار المحفورة في منطقة بطن الغول.



شكل ٧ ـ ٢٣ السلوك الحراري للمعادن الطينية لبعض العينات من منطقة بطن الغول.



شكل ٧ ـ ٢٤ صورة بالمجهر الألكتروني الماسح للمعادن الطينية من منطقة بطن الغول.

★ رواسب المعادن الطينية الأخرى:

١ ـ الرواسب الطينية في مناطق الرشادية والفجيج

توجد خامات من المعادن الطينية في الجزء السفلي من وحدة الحجر الجيري العقدي التابع للعصر السينوماني (الطباشيري العلوي) في منطقة الرشادية جنوب الطفيلة على شكل طبقات متبادلة مع طبقات سميكة من الحجر الجيري المارلي.

وتقدر سلطة المصادر الطبيعية الاحتياطي بحوالي ١٠ ملايين طن متري. وكذلك توجد خامات من المعادن الطينية في منطقة الفجيج عل الطريق الصحراوي بالقرب من الحسا ـ الحسينية في رواسب عصر البلايستوسين حيث تقدر سلطة المصادر الطبيعية الاحتياطي بحوالي ٢٠ مليون طن متري. وتحتاج هذه الخامات الى دراسات تفصيلية من حيث التركيب المعدني والكيماوي والنشأة. و يبين جدول رقم ٧ ـ ٥ نتائج التحليل الكيماوي للخامات في مناطق الرشادية والفجيج (٢٥) (NRA, 1981).

جدول (٧ ـ ٤) معدل التركيب الكيماوي لعينات طينية من ثلاث آبار محفورة في منطقة بطن الغول

رقم البئر	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	LOI	المجموع
٣	54.3	21.1	7.2	1.6	0.2	1.4	2.7	0.5	10.8	99.8
١١	53.8	21.5	6.4	1.8	1.0	1.9	3.4	0.2	9.9	99.9
٦	61.3	14.8	7.8	1.2	0.5	1.3	3.6	0.9	8.8	100.2

جدول (٧ ـ ٥) التركيب الكيماوي لعينات طينية من مناطق الفجيج والرشادية[٢٥]

الأكاسيد ٪	الرشادية	الفجيج
Loss on Ignition	27.90	25.9
SiO_2	28.35	34.7
Al_2O_3	6.30	7.12
Fe_2O_3	3.31	3.69
TiO_2	0.53	0.67
MgO	1.51	1.56
CaO	31.05	26.11
SO_3	0.12	0.15
Na_2O	0.23	0.30
K_2O	0.66	0.85
P_2O_5	0.02	0.03
Cl	0.01	0.02

٢. رواسب الباليجورسكيت والسيبيوليت Palygorskite and Sepiolite

يوجد معدن الباليجورسكيت في تربة وادي الأردن (٢٨) (Wiersma, 1970) وفي الصخور الجيرية التابعة للعصر الطباشيري العلوي والرباعي (٢٨) (Shadfan and Dixon, 1984) وتزداد نسبة الباليجورسكيت في صخور العصر الرباعي الجيرية. و يعتقد بأن الباليجورسكيت الذي تزيد نسبته في التربة في الجزء الجنوبي من وادي الأردن قد انتقل من الصخور الأكثر قدماً المتكشفة على طول وادي الأردن. وفي دراسة حديثة قام بها (٢٥) Khoury et al, 1988 على المعادن الطينية المصاحبة للفوسفات الأردني تبين أن الباليجورسكيت يوجد مصاحباً لفوسفات الشدية في جنوب الأردن حيث أن البيئة الجافة في تلك المنطقة ساعدت على عملية الترسيب الكيماوي للباليجورسكيت. و يوجد الباليجورسكيت في الجزء العلوي من التربة في حوض الأزرق حيث تبين من دراسة احدى الآبار (١١) (حمزة ٤) (Faraj, 1988) أن الباليجورسكيت موجود في نطاقين على أعماق ٧م و ٥٥م بسماكات ٥م و ١٠ م حيث يبدو من الدراسات الأولية أنه ذو أصل كيماوي.

و يحتاج معدن الباليجورسكيت في الأردن الى دراسات معدنية وكيماوية أخرى لأغراض ايجاد خامات اقتصادية.

أما السيبيوليت فموجود مع الدولومايت في منطقة سبخة طابا على بعد ٤٥ كم شمال العقبة. و يقوم الباحثان عبد القادر عابد وزايد الحوري بدراسة هذه السبخة التي ما تزال قيد الدراسة.

٣. الرواسب الطينية على طريق العارضة ــ الغور

توجد طبقات من الطفال ذي اللون البني على طريق العارضة ــ الغور التي تتبع للعصر الجوراسي حيث تستخرج لأغراض الصناعات الخزفية. وتتكون هذه الطبقات من معادن الكاولينيت والاليت اضافة الى الكالسيت والدولومايت والجبس، وتحتاج هذه الرواسب الى دراسات تفصيلية.

٤. الجلوكونيت Glanconite

يتوافر الجلوكونيت في صخور الحجر الرملي الكرنبي التابع للعصر الطباشيري الأسفل. ولقد قام (٣) Abed and Mansour, 1982 بدراسة توزع هذا المعدن، فوجدا أنه يتركز في ثلاثة مستويات: سفلي ومتوسط يبدآن من شمالي الأردن و ينتهيان في منطقة عمان، وعلوي يمتد من أقصى شمالي الأردن وحتى منطقة رأس النقب حيث تقل نسبة الجلوكونيت كلما اتجهنا جنوباً. و يوجد الجلوكونيت على شكل حبيبي وأووليتي، و يتركب من مختلط الطبقات إليت / سميكتيت. وتبين المعادلات التركيبية التالية التي وردت في البحث المذكور أعلاه طبيعة الجلوكونيت الغني بالحديد الثلاثي الذي يدل عادة على بيئة ترسيب بحرية

$(Fe^{3+}_{1.46}\ Fe^{2+}_{0.02}\ Mg_{0.52})\ (Si_{3.58}\ Al_{0.41})\ 0_{10}\ (OH)_2\ (K_{0.74}\ Na_{0.01}\ Ca_{0.08})$
$(Al_{0.15}\ Fe^{3+}_{1.33}\ Fe^{2+}_{0.07}\ Mg_{0.5})\ (Si_{3.67}\ Al_{0.33})\ 0_{10}\ (OH)_2\ (K_{0.66}\ Na_{0.02}\ Ca_{0.03})$

٥. الزيولايت Zeolites

لقد تم اكتشاف الزيولايت لأول مرة في الأردن بواسطة (١٠)Dwairi, 1988 في جبل الأرتين البركاني والمناطق القريبة في شمال شرقي الأردن حيث توجد الكثير من الرواسب البركانية مختلفة الأحجام ذات التركيب البازلتي. و يبدو أن عمليات التجوية الكيماوية تحت الظروف القلوية هي المسؤولة عن تكون البالاجونيت Palagonite والزيولايت. و يتكون الزيولايت في الأرتين من معدن الفيلبسيت Phillipsite كمكون أساسي، والشابازيت Chabazite والفوجاسيت Faujasite كمعادن مصاحبة.

و يمكن اعتبار مناطق شمال شرقي الأردن البازلتية هدفاً للبحث عن معادن الزيولايت التي يمكن أن تكون خامات اقتصادية.

References

1. Abed, A., 1978: Deposition environments of the Kurbub (Lower Cretaceous) sandstones: I.A Coal horizon at the lower most Kurnub in north Jordan. Dirasat, 5 : 31-44.
2. Abed, A., 1982: Depositional environments of the early Cretaceons Kurnub (Hathira) sandstones, north Jordan. Sediment. Geol., 31: 267-279.
3. Abed, A., and Mansour, H., 1982: Petrography and chemistry of some lower Cretaceous glauconites from Jordan. Dirasat, 9: 67-80.
4. Arsalan, F., 1976 : Geologie und Hydrogeologie der Azraq-Depression. Diss. Technische Hochschule Aachen, 85p.
5. Bandel, K., and Haddadin, A., 1979: The depositional environment of Amber-bearing rocks in Jordan, Dirasat, 6: 36-65.
6. Bender, F., 1974: Geology of Jordan. Beitraege zur Regionalen Geologie der Erde. Gebruder Borntraeger Pub., Berlin, 196 P.
7. Bender, F., 1975 : Geology of the Arabian Peninsula and Jordan. U.S. Geol.Surv. Prof. Paper., Washington, 560-I.
8. Boom, G., and Suwwan, O., 1966: Report on geological and petrological studies on the Plateau-Basalts in NE Jordan. GGM. Archiv BGR, Hanover.
9. Darwish, J. 1978: Investigation of Azraq clays. NRA - Internal Report, 18 P.
10. Dwiri, M., 1988: Generation of zeolite from alteration of basaltic glass from Jebal Aritain volcano. The Third Jordanian Geological Conference, Amman, P 30.

11. Faraj, B., 1988 : Palygorskite and its possible economic value in Azraq Başin, NRA, Internal Report. 13 P.

12. Futian, A. and Neville, R., 1980: Palynological analysis of seven samples from Batn El-Ghoul. 2 and 3 boreholes submitted by JEBCO Petroleum Development, Rep. 4472 P/F.

13. Gruneberg, F., and Dajani, 1964: The soils of Azraq area. GGM, Archiv BGR, Hanover.

14. Haddadin, M., 1974: Possibilities of bentonite in Jordan. NRA, Internal Report, 24P.

15. Hall, P., and Nimry, Y., 1970: The Mahis clay deposits, NRA, Internal Report, Amman.

16. Ibrahim, H., 1965: Geology and possibilities in the area between Mahis and Ghor Kabid. NRA, Internal Report, Amman.

17. Khoury, H., 1974 : Boron in Mahis clays as a paleoenvironmental indicator, Dirasat, 1:97-103.

18. Khoury, H., 1980: Mineralogy and origin of Azraq clay deposits, Jordan, Dirasat, 7: 21-31.

19. Khoury, H., 1981: The kaolin deposits of Mahis area, Jordan. Dirasat, 8: 69-84.

20. Khoury, H., 1986: Depositional environment and diagenesis of the lower part of the Kurnub Sandstone Formation (lower Cretaceous), Mahis area, Jordan. Sediment. Geol., 49: 129 - 141.

21. Khoury, H., 1987: Alunite from Jordan., N.Jb. Miner. Mh., 9:426-432.

22. Khoury, H., and Khalil, K., 1986: Ghor Kabid clay deposits, Jordan, Dirasat, 13 : 249-260.

23. Khoury, H., and El-Sakka, W., 1986: Mineralogical and industrial characterization of the Batn El-Ghoul clay deposits, southern Jordan. App. Clay Sci., 1: 321-351.

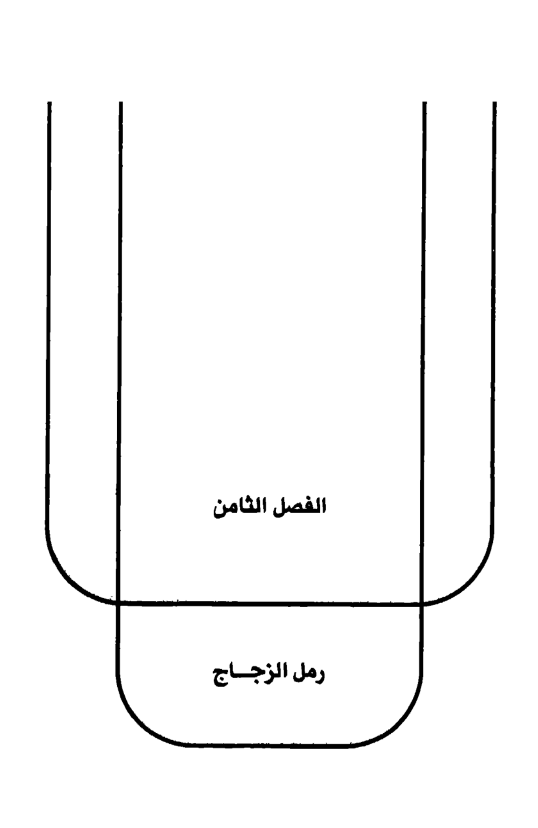
24. Khoury, H., Al-Hawari, Z. and El-Suradi, S., 1988: Clay minerals associated with Jordanian phosphates and their possible industrial utilization. Appl. Clay Sci., 3: 111 - 121.

25. NRA, 1981: Mineral occurrences in Jordan, NRA Internal Report, Amman.

26. Sasa, A., and Abu Taha, I. 1983: Batn El-Ghoul clay and its future utilization. NRA, Internal Report. Amman.

27. Shadfan, H., and Dixon, J. 1984 : Occurrence of palygorskite in the soils and rocks of the Jordan Valley, Developments In Sedimentology. 37: 187 - 199.

28. Wiersma, J., 1970: Provenace, genesis, and paleogeographical implications of microminerals occurring in sedimentary rocks of the Jordan Valley area. Fysisch-geografisch, Amsterdam.



الفصل الثامن

رمل الزجــاج

رمل الزجـــاج

تحتاج صناعة الزجاج الى مواد خام أهمها الرمل الأبيض النقي الذي يتراوح حجمه بين ١٠٠ ــ ٣٦٠ ميكرون، أما المواد الخام الأخرى فهي الدولومايت والفيلدسبار والصودا (كربونات الصوديوم) وسلفات الصوديوم. و يوجد مصنع للزجاج في معان ينتج حالياً الزجاج الشفاف والملون بسماكات مختلفة تتراوح بين ٢ ــ ١٠ مم. وتبلغ نسبة ثاني اكسيد السيلكون في الرمل الخام المستعمل من قبل المصنع ٩٨٪ وفي الزجاج المصنع ٧٢٫٥٪، و يتوافر الرمل الأبيض بكميات اقتصادية ونوعية جيدة في مناطق عديدة أهمها منطقة رأس النقب جنوبي الأردن وقاع الديسي وقرب العقبة ووادي السيق على بعد ٧ كم شرق ــ جنوب شرق الغرندل [٢] (Bender, 1968).

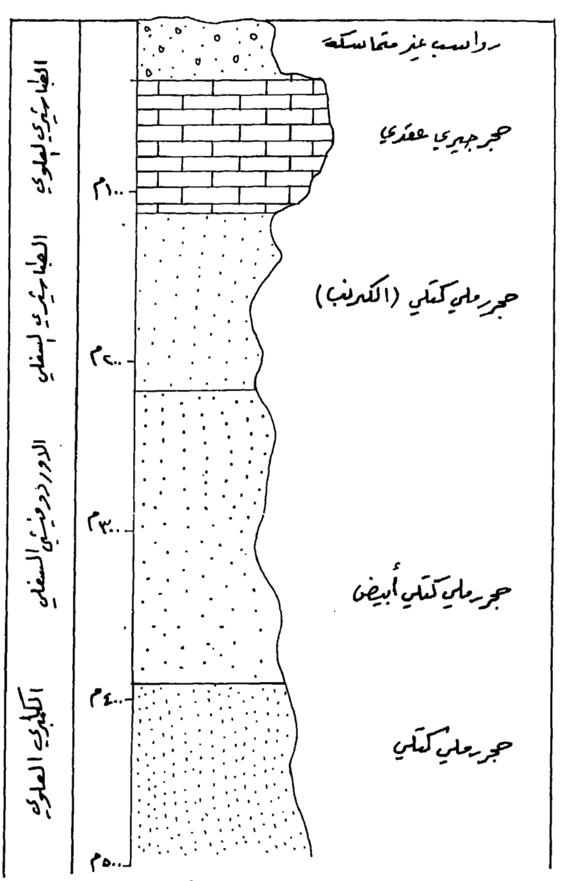
وقد قامت سلطة المصادر الطبيعية بدراسات عديدة للرمل الزجاجي في منطقة رأس النقب [٣] (Nimry and Haddadin, 1970) كما قام [١] Amireh, 1987 بدراسة جيولوجية تتابع الحجر الرملي النوبي في جنوبي الأردن. و يقوم حالياً El- Sakka بدراسة رمل الزجاج من منطقة رأس النقب. و يعتقد بأن بيئة الترسيب لتتابع الحجر الرملي متبادلة بين البيئات البحرية الضحلة والشاطئية والنهرية.

جيولوجية طبقات رمل الزجاج :

يوجد في منطقة رأس النقب ثلاث وحدات من الحجر الرملي النوبي هي وحدة الحجر الرملي الكتلي الأبيض من العصر الطباشيري الأسفل التي تعلو وحدة الحجر الرملي المتجوي الطبقي البني التابع للعصر للأوردوفيشي الأسفل. أما الوحدة السفلى فهي الحجر المتجوي الكتلي الأبيض التابع أيضاً للعصر الأوردوفيشي الأسفل. و يبين شكل ٨ ــ ١ التتابع الطبقي في منطقة رأس النقب.

التركيب المعدني :

يعتبر رمل الزجاج متجانساً في حجم حباته حيث يطغى الحجم المتوسط على بقية الأحجام (شكل ٨ ــ ٢). و يتراوح متوسط الحجم بين ٠٫٢ ــ ٠٫٣٥ مم و يتكون رمل الزجاج أساساً من معدن الكوارتز Quartz ذي الحواف الزاوية والحادة والذي تصل نسبته الى أكثر من ٩٩٪. أما المعادن الأخرى النادرة والمصاحبة للكوارتز فهي المعادن الثقيلة زركون Zircon وروتايل Rutile وتورمالين Tourmaline وليوكوكسين Leucoxene ومعادن معتمة opaques والمعادن التالية أناتيز Anatase وكيانيت Kyanite وأباتيت Apatite ومونازيت Monazite وأمفيبول Amphibole وإبدوت Epidot وجارنت Granet ومسكوفيت Muscovite موجودة بكميات ضئيلة جداً.



شكل ٨ ــ ١ مقطع جيولوجي عام في منطقة رأس النقب.

شكل ٨ ــ ٢ نتائج التحليل الميكانيكي لعينة تمثل الرمل الزجاجي في رأس النقب.

ولقد دلت دراسة التركيب المعدني للحجم أكبر من ٦٣ ميكرون بأنه يتكون أساساً من الكوارتز، أما الأحجام أقل من ٦٣ ميكرون فتتكون من الكاولينيت اضافة الى الكوارتز. وتوجد آثار نادرة لمعادن الكالسيت Calcite والفيلدسبار Feldspar والأنهيدريت Anhydrite والجبس Gypsum. و يبين الجدول ٨ ـ ١ التركيب الكيماوي للحجم الرملي الوسطلعينة ممثلة لرمل الزجاج من منطقة رأس النقب (٤) (NRA, 1981)

ومما يجدر ذكره أن رمل الزجاج في الأردن ذو حجم وشكل مناسبين تماماً لصناعة الزجاج. وعادة ما يجب فصل الأحجام الأكبر من ٥ ر٠ مم والأصغر من ١ ر٠ مم في أغراض صناعة الزجاج. و يمكن استغلال الكاولينيت الناتج عن عمليات الفصل لأغراض صناعة الخزف.

نشأة رواسب رمل الزجاج :ـ

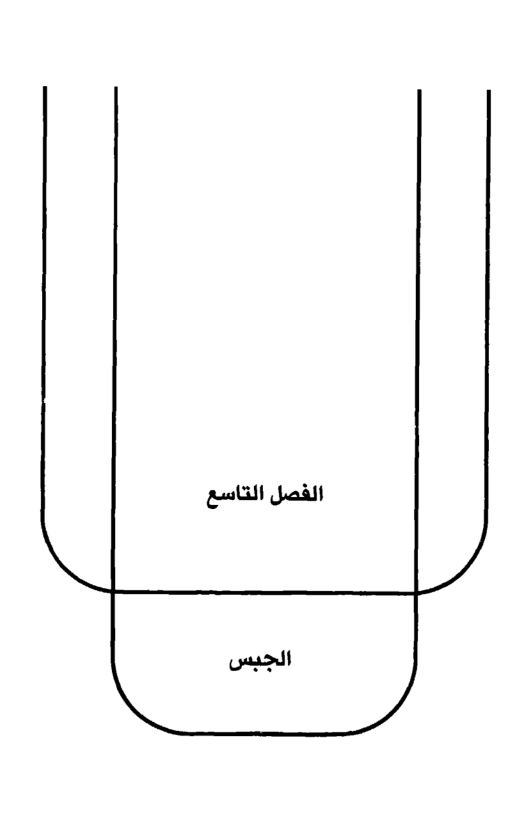
أوضح (١) Amireh 1987 أن الرواسب الرملية في الفترة بين العصر الكامبري الأعلى والطباشيري الأسفل في جنوبي الأردن قد تعرضت الى تجوية كيماوية شديدة في مناخ دافىء ورطب تحت ظروف تكتونية مستقرة وخاصة في منطقة صخور المصدر. و يستدل على تأثير التجوية الكيماوية من عدم وجود مادة لاحمة في الصخور الرملية البيضاء ووجود آثار لبقايا الفيلدسبار المتجوي الى كاولينيت.

جدول (٨ ـ ١) : نتائج التحليل الكيماوي للحجم (١٠٠ ـ ٦٣٠)
ميكرون من عينة ممثلة لرمل الزجاج من رأس النقب(٤)

Oxides	تنخيل رطب	تنخيل جاف
SiO_2	98.69	98.74
Fe_2O_3	0.032	0.027
Al_2O_3	0.385	0.788
TiO_2	0.056	0.061
P_2O_5	0.006	0.622
Na_2O	0.054	0.002
K_2O	0.023	0.015

References

1. Amireh, B., 1987: Sedimentological and petrological interplays of the Nubian Series in Jordan with regard to paleogeography and diagenesis. Bswg. Geol. Palaont. Diss., Braunschweig, 232P.
2. Bender, F., 1968: Geologie Von Jordanien, 7, Beitraege zur Regionalen Geologie der Erde. Gebrüder Borntraeger, Berlin, 230 P.
3. Nimry. Y., and Haddadin, M., 1970:- Glass sand of Ras En Naqb. NRA. Internal Report, Amman.
4. NRA, 1981: Mineral occurrences in Jodan, NRA Internal Report, Amman.



الفصل التاسع

الجبس

الجبس

لـقـد ذكـر الـجـبـس في الأردن في أبـحـاث (٢، ٣، ٤، ٥)، Burdon, 1959; Ruef and Jeresat, 1965; Bender, 1974; Bandel and Khoury, 1981.

و يـوجـد الـجـبـس Gypsum بـشـكـل اقـتـصـادي في منطقة نهر الزرقاء على بعد ٥٠ كم شمـال عمـان، وفي جنو بي الأردن بين وادي الموجب والطفيلة (٧٠ و ٢٠٠ كم جنوب عمان) وفي منطقة الأزرق ١١٠ كم شرق عمان. و يقدر الاحتياطي من الجبس في منطقة نهر الزرقاء بحوالي ١٠ ملايين طن متري وفي منطقة الموجب ــ الطفيلة بحوالي ٣٢ مليون طن متري وفي الأزرق بحوالي ٣ ملايين طن (٧) (Salameh, 1975). وتقوم الشركة العامة للتعدين حالياً باستخراج الجبس من منطقة نهر الزرقاء لأغراض الصناعة الاسمنتية. و يوجد الجبس على شكل طبقات رقيقة وغير اقتصادية في تكو ين اللسان.

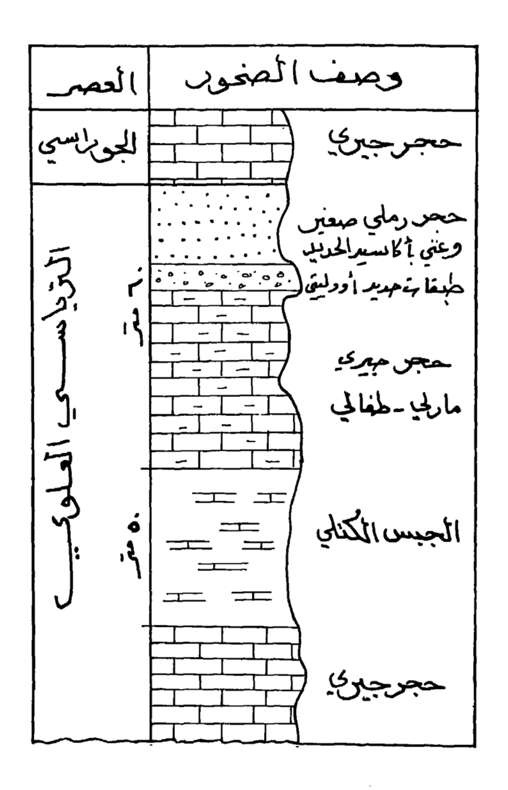
الجبس في منطقة نهر الزرقاء

يتكشف الجبس عند التقاء وادي العزب ووادي الهونة مع نهر الزرقاء حيث تصل سماكة الطبقة الى حوالي ٥٠ م، و يبين شكل ٩ ــ ١ الوضع الطبقي للجبس حيث تعلوه طبقات من الحجر الجيري المارلي والطيني والحديد الأووليتي والحجر الرملي. و يوجد الجبس على شكل كتلي في الجزء الأسفل من صخور العصر الترياسي المتكشفة. وهو ناعم التبلور حيث تصل نسبة ثالث أكسيد الكبريت الى ٤٢٪.

الجبس في جنو بي الأردن: ــ

قامت سلطة المصادر الطبيعية (٦) (Taimeh and El-Hiyari, 1978) بدراسة رواسب الجبس المتكشفة في الوديان المتفرعة من وادي الأردن مثل وادي الحسا ووادي الكرك ووادي الموجب. ولقد بينت الدراسة بأن سماكة طبقات الجبس في الطفيلة ووادي الحسا تصل في مجموعها الى ٥ر٢ م تفصلها عن بعضها بعضاً طبقات مارلية وطينية.

أما رواسب الجبس في وادي الكرك ووادي ابن حمد فيبلغ مجموع سماكة الطبقات الأربع ٣م تفصلها أيضاً طبقات طينية ومارلية خضراء و بنية اللون، وفي منطقة وادي الموجب يوجد الجبس في تتابعين مفصولين بطبقات خضراء. وتصل سماكة طبقات التتابع السفلى الى ٥ر٣ م والعلوي الى ٤م. ولقد بين تقرير سلطة المصادر الطبيعية بأن الجبس موجود في شكلين أحدهما ليفي نقي والآخر قاس وكتلي. وتصل نسبة ثالث اكسيد الكبريت الى ٤٢٪ واكسيد الكالسيوم الى ٣٠٪.

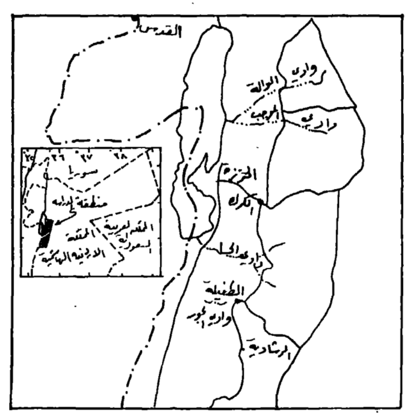


شكل ٩ ـ ١ مقطع يبين صخور الترياسي المتكشفة في منطقة التقاء وادي العزب ووادي الهونة مع نهر الزرقاء..

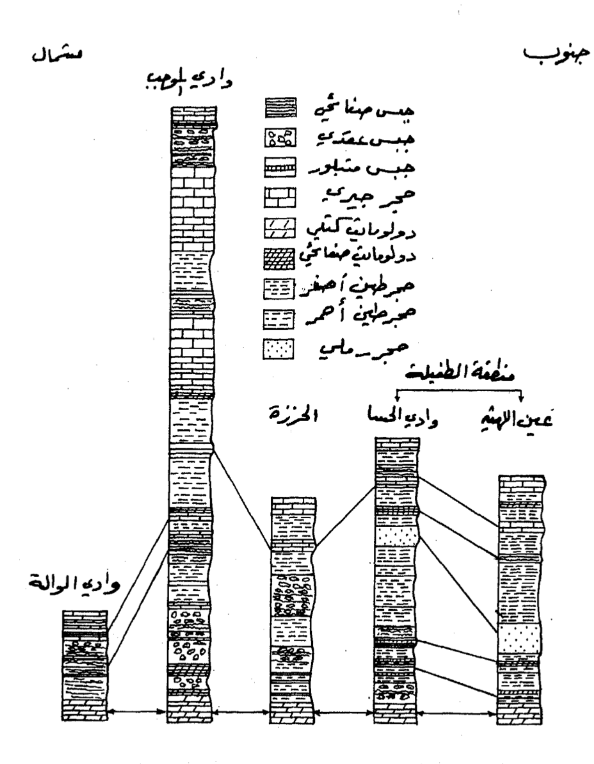
وتتبع صخور الجبس الجزء العلوي من وحدة الحجر الجيري العقدي (سينوماني) والجزء الأسفل من وحدة الحجر الجيري الأكينو يدي (سينوماني ــ توروني). وفي دراسة قام بها [1] Abed and El-Hiyari, 1986 على الطبقات الحاملة للجبس في جنوبي الأردن (شكل ٩ ــ ٢) تبين أن الجبس يتكون من ثلاثة أنواع رئيسية هي العقدي والصفائحي والمتبلور، وهنالك نوع رابع حبيبي غير واسع الانتشار. و يبين الشكل ٩ ــ ٣ مضاهاة للنطاقات الحاملة للجبس في جنوبي الأردن حيث تبلغ أقصى السماكات في وادي الموجب و يبين الشكل (٩ ــ ٤) بيئة الترسيب القديمة المشابهة لبيئة السبخة الشاطئية التي بلغت منطقة تأثيرها ١٥٠٠ كم^2 حيث ترسبت في اتجاه شمال ــ جنوب مواز لمنخفض البحر الميت. وحسب رأي [1] Abed and El-Hiyari, 1986 فان منطقة الموجب ارتفعت للمرة الثانية في العصر السينوماني.

الجبس في الأزرق

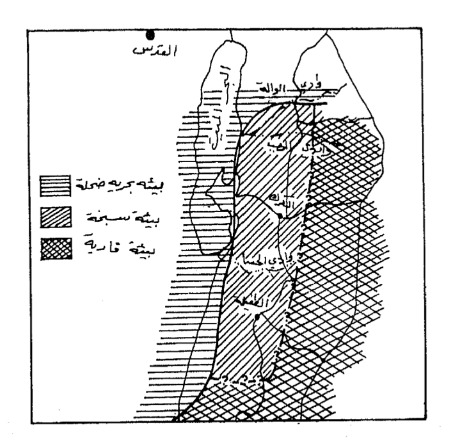
يوجد الجبس في منطقة الملاحات على شكل طبقات متبادلة مع الطبقات الطينية، وفي المناطق المجاورة على شكل رواسب حديثة مختلطة مع التربة. ولقد قام [7] Salameh, 1975 بدراسة رواسب الجبس في ملاحات الأزرق حيث بين وجود طبقتين رئيسيتين من الجبس مختلط مع الصخر الملحي والطين، و يوجد الجبس على شكل بلورات كبيرة الحجم نقية تتميز بالتوأمة، و يبدو أنه نتيجة لوجود البحيرة المالحة والمغلقة في العصر البلايستوسيني ترسبت المتبخرات التي كان من ضمنها الجبس.



شكل ٩ ــ ٢ مناطق دراسة الجبس في جنوب الأردن [1].



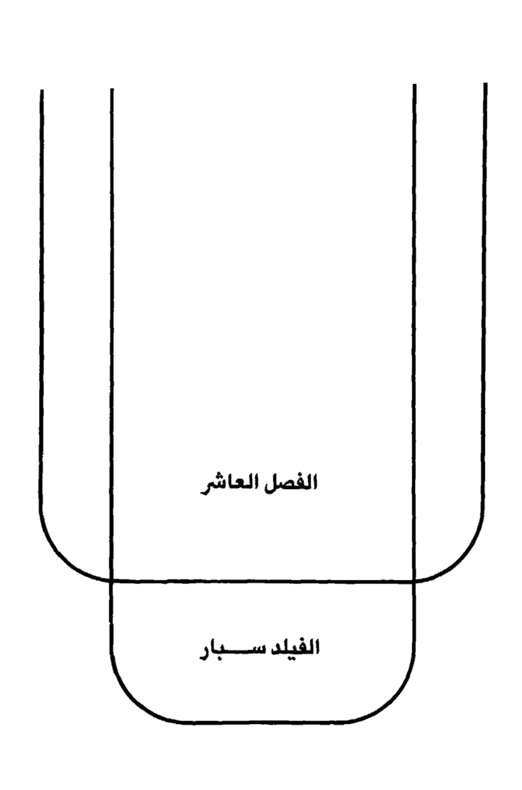
شكل ٩ ـ ٣ مضاهاة رواسب الجبس في مناطق جنوبي الأردن (١).



شكل ٩ ـ ٤ بيئة الترسيب القديمة لنطاقات الجبس في جنوبي الأردن (١)

References

1. Abed, A., and El-Hiyari, M., 1986: Depositional environment and paleogeography of the Cretaceous gypsum horizon in west central Jordan, Sediment. Geol., 47: 109 - 123.
2. Bandel, K., and Khoury, H., 1981: Lithostratigraphy of the Triassic in Jordan. Facies, 4:1-26.
3. Bender, F., 1974: Geology of Jordan, Borntrager, Berlin, 196 P.
4. Burdon, D., 1959: Handbook of the geology of Jordan to accompany and explain the three sheets of the 1:250,000 geological map east of the Rift by A.M. Quennell. Govt. of Jordan, 82 P.
5. Ruef, M., and Jeresat, K., 1963: Geology of the Qatrana-Jiza area, Central Jordan., BGR - Archiv, Hanover, 51p.
6. Taimeh, M., and El-Hiyari, M., 1978: Report on the gypsum occurrences in southern Jordan., N.R.A. Unpublished Report, Amman, 22P.
7. Salameh, E., 1975 : The discovery of gypsum in the Azraq area, Dirasat, 2:69-75.



الفصل العاشر

الفيلد ســـبار

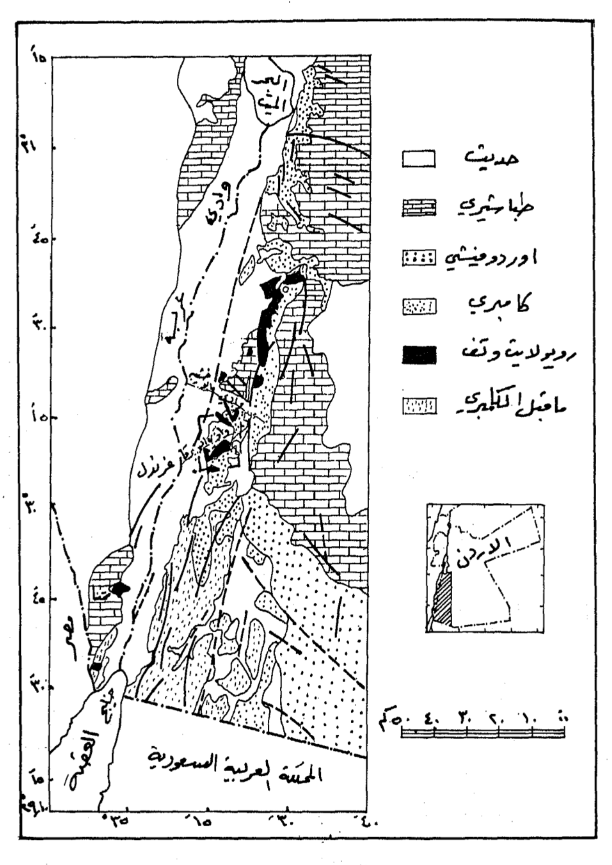
الفيلد ســـبار

بدأت الحاجة الى معدن الفيلدسبار عندما بدأت فكرة إنشاء مصانع الزجاج والخزف الأردنية حيث قدرت احتياطات الأردن بحوالي ٢٠٠٠ طن متري من الفيلدسبار. ولقد قامت سلطة المصادر بدراسات جيولوجية منذ عام ١٩٦٨(٥). (Z., and Gharaibeh, R., 1968 Pacal,) على الصخور الغنية بالفيلدسبار في جنوبي الأردن، وتعد الأنواع الغنية بالصوديوم والبوتاسيوم (الألبيت والاورثوكليز Albite and Orthoclase) هي المفضلة للأغراض الصناعية. وقد ذكرت التقارير المختلفة لسلطة المصادر الطبيعية توافر كميات كبيرة من الصخور الجرانيتية في جنوب الأردن مناسبة كمصدر للفيلدسبار.

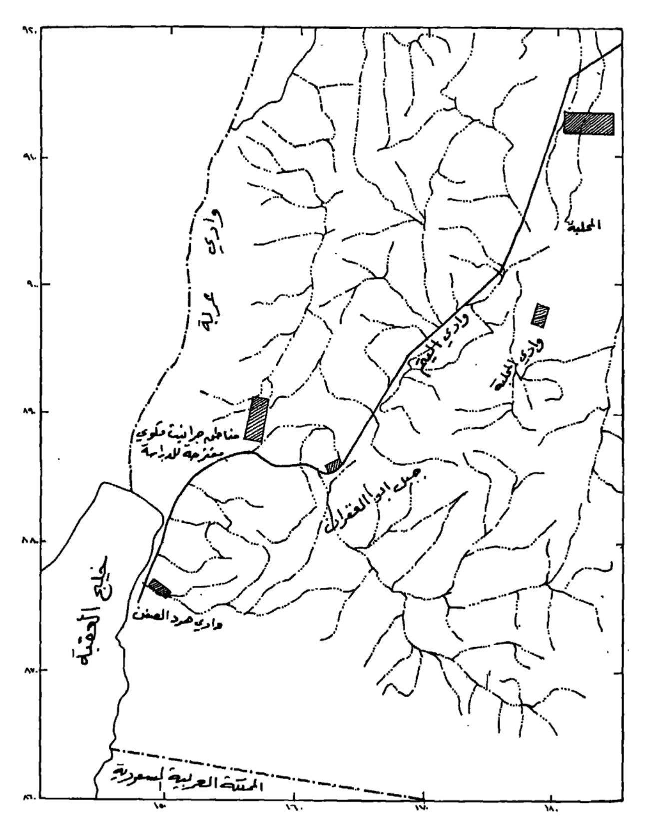
الصخور الجرانيتية في جنوبي الأردن

يبين الشكل (١٠ ـ ١) خريطة مبسطة لتوزيع الصخور النارية في جنوبي الأردن تتبع حقبة ما قبل الحياة حيث توجد صخور جرانيتية ذات أعمار مختلفة إضافة الى القواطع الحامضية والمتوسطة والقاعدية. وفي دراسات قام بها (١،٢،٣)،
Hakki, 1971, Boom, and Rosch, 1969; Boom, G., and Lahloub,1964 تم تصنيف الصخور النارية القديمة الى بيوتيت جرانيت وجرانيت بورفيري وأدملايت وجرانوديوريت وكوارتزديوريت وميجماتيت، والصخور الجرانيتية الأحداث الى جرانيت بيوتيتي وردي وجرانيت قلوي أحمر والاسكيت وفيلسيت. و يوجد الكثير من القواطع المكونة من صخور البيجماتيت والأبلايت جرانيت والجرانيت البورفيري والكوارتز البورفيري والاورثوكليز البورفيري والبلاجيوكليز البورفيري. وتعد الدراسة التي قام بها (٤) Jarrar, 1984 من اهم الدراسات التي أجريت على صخور القاعدة في الأردن وخاصة فيما يتعلق بالصخور المتحولة.

وتعد الصخور الجرانيتية القلوية في وادي اليتم شمال شرق العقبة من أهم صخور القاعدة التي يمكن استغلالها كمصدر للفيلد سبار، وقد أجريت دراسات مختلفة من قبل سلطة المصادر الطبيعية على الجرانيت القلوي متوسط الحبيبات من منطقة جبل أبو الغفران وتم تركيز الفيلد سبار القلوي الى ما يزيد على ٩٠٪ من المحتوى المعدني (٥)(NRA, 1981). و يبين الجدول رقم ١٠ ـ ١ التركيب الكيماوي لعينة جرانيتية من جبل ابو الغفران حيث تزيد نسبة أكاسيد الصوديوم والبوتاسيوم على ٩٪. و يبين الشكل (١٠ ـ ٢) المناطق الهامة الغنية بصخور الجرانيت القلوي متوسط الحبيبات (٧)(Sunna, 1984) وهي منطقة وادي المحلبا التي تقع على بعد ٥١ كم الى الشمال الشرقي من مدينة العقبة، ومنطقة جبل ابو الغفران وتقع على بعد ١٨ كم الى الشمال الشرقي من مدينة العقبة على الجانب الغربي من الطريق الصحراوي. ومنطقة هود الصفن على بعد ٧كم جنوب العقبة على شاطىء الخليج. وهناك مواقع عديدة أخرى شمال شرق العقبة باتجاه وادي عربة. وتحتاج الصخور النارية في جنوبي الأردن الى دراسات بتروغرافية وكيماوية تفصيلية لغرض تصنيف أفضل لصخور القاعدة الأردنية. ولقد قامت سلطة المصادر الطبيعية مؤخراً (قسم الجيولوجيا) باكتشاف



شكل ١٠ ــ ١ خريطة توضح امتداد الصخور النارية في جنوب الأردن (٤).



شكل ١٠ ـ ٢ خريطة توضح أماكن وجود الجرانيت القلوي (٧).

احتياطي كبير من الجرانيت المكسر (حوالي ٨٠ مليون طن) الغني بالفيلد سبار القلوي الصالح لصناعات الخزف والزجاج في مناطق شرق العقبة وعلى طول منطقة التصدع والتقارير بشأن ذلك قيد الطبع.

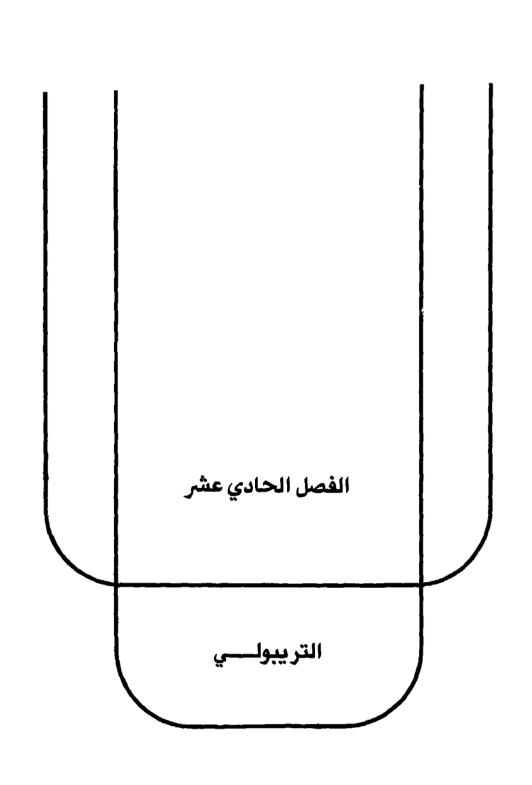
و يوجد في جنوبي الأردن (واديا الحور وأم سيالة) معادن مميزة للصخور المتحولة مثل الاندا لوسيت والشتوروليت والجارنت لها أهمية شبيهة بالفيلدسبار من النواحي الصناعية. ولكن هذه المعادن بحاجة الى دراسات تفصيلية لمعرفة انتشارها وامكانية تركيزها.

جدول (١٠ ـ ١) التركيب الكيماوي
للجرانيت القلوي من جبل الغفران [٥]

الأكسيد	النسبة المئوية
SiO_2	74.42
Fe_2O_3	0.37
Al_2O_3	13.03
TiO_2	0.11
MgO_2	0.03
Na_2O	4.27
K_2O	4.81

References

1. Boom Van den, G., and Lahloub, M., 1964: Geological and petrological investigations of igneous rocks in the area of Quweira, S-Jordan. NRA Internal Report, Amman.
2. Boom Van den, G., and Rösch, H., 1969: Modalbestand und Petrochemie der Granite in Gebiet von Aqaba-Quweira, Sudjordanien, Beih. geol. Jb., 18: 113-148.
3. Hakki, W., 1971: The mineral exploration of the Aqaba granites, NRA. Internal Report, Amman.
4. Jarrar, G., 1984: Late Proterozoic crustal evolution of the Arabian Nubian Shield in the Wadi Araba area, SW-Jordan. Bswg. Geol. Palaont. Diss. 2, 107 p.
5. Pecal, Z., and Gharibeh, R., 1968: Leucogranites in southern Jordan. A potential source of fëlospar raw material, NRA Internal Report. Amman.
6. NRA, 1981: Mineral occurrences in Jordan, NRA Internal Report, Amman.
7. Sunna, B., 1984: Feldspars in Jordan, NRA Internal Report, Amman.


الفصل الحادي عشر
التريبولـــي

التريبولـــــي

وصفت مادة التريبولي لأول مرة في الأردن عام ١٩٦٨ بأنها مادة ترابية ناعمة خفيفة الوزن (١٠)(Saadi, 1968) أثارت انتباه المسؤولين في سلطة المصادر الطبيعية حيث قامت فرق للبحث والدراسة بالكشف على اماكن وجود مثل هذه الخامات (٢)(Jeresat and Bashir, 1972). وبينت هذه الدراسات امكانية وجود رواسب التريبولي في المناطق بين مأدبا والطفيلة، وتم رسم خريطة جيولوجية أكدت وجود سماكات من التريبولي تتراوح بين ٥ر٣ ـ ١٢ مترا خاصة في الجزء السفلي من وحدة الحجر الجيري السيليسي، وقد اقترحت مناطق جديدة تغطي معظم ارجاء المملكة الاردنية الهاشمية حيث تتكشف هذه الطبقات (شكل ١١ ـ ١).

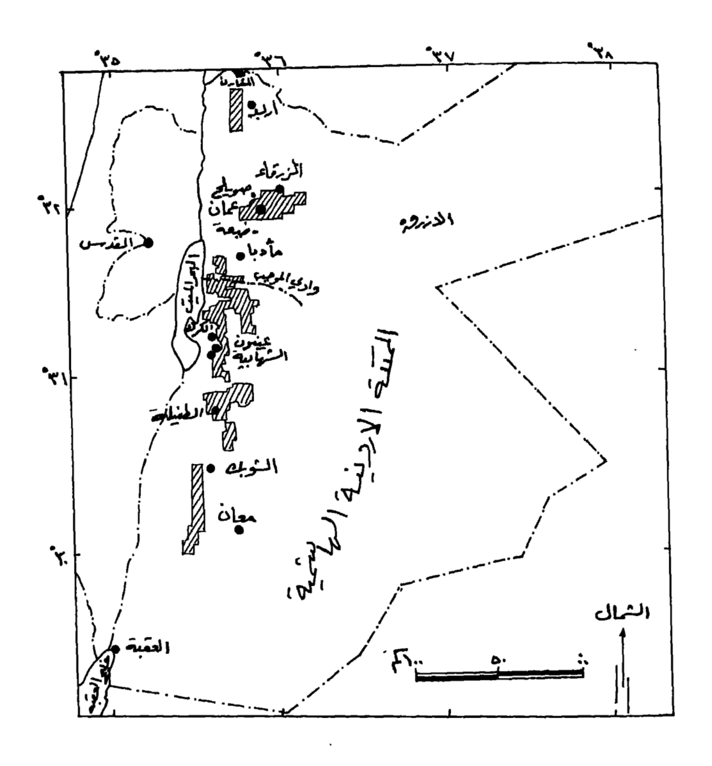
وقد وصفت رواسب التريبولي بأنها طبقات تحتوي على مادة متبلورة بيضاء ناعمة ذات مسامية عالية. وفسرت نشأة هذه الرواسب بأنها نتيجة لغسل أو انحلال تفاضلي انتقالي لكربونات الكالسيوم المكونة للحجر الجيري تاركة الشوائب السيليسية على شكل مادة صلبة متبلورة. وجمعت عينات عديدة من منطقة الكرك تم وصفها واجراء تحاليل كيماوية (٣)(Karam, 1973) عليها لمعرفة أهميتها ودرجة نقائها، مما جعل السلطة تجري للمرة الثانية (٨)(Omari, 1975) دراسات تفصيلية على أهم رواسب التريبولي المتكشفة في جنوبي الأردن، وتم إختيار منطقتي عينون ـ الشهابية قرب الكرك لهذه الدراسة.

ولقد تم حفر اثنين وثلاثين خندقاً وثلاث حفر كبيرة لأخذ العينات وجمع ما يزيد عن مائتي عينة حللت كيماويا. وتبين أن معدل محتوى هذه العينات من ثاني أكسيد السيلكون هو ٩٢٪ وأن أكسيد الكالسيوم يزيد أو ينقص على حساب ثاني أكسيد السيلكون. أما معدل محتوى العينات المدروسة من الأكاسيد الأخرى كثالث اكسيد الحديد وثالث أكسيد الالمنيوم وأكسيد المغنيسيوم واكسيد البوتاسيوم فكانت اقل من ٢ر٠٪. ومما يجدر ذكره أن التحاليل الكيماوية لعينات من مناطق مختلفة من الأردن اعطت المعدل نفسه من ثاني اكسيد السيلكون. ومن ضمن الدراسات التي اجريت حساب كمية الاحتياطي من رواسب التريبولي في مناطق عينون والشهابية (٨)(Omari, 1975)، وكان الاحتياطي المؤكد هو نصف مليون طن، والاحتياطي الممكن والمتوقع هو ٤ر٦ ملايين طن. ولقد قام المؤلف بدراسات حديثة حول نشأة التريبولي في الأردن (٥،٦)(Khoury, 1986; 1987)، نستعرض منها فيمايلي :ـ

جيولوجية الطبقات الحاملة لخامات التريبولي

يبين شكل (١١ ـ ٢) ترابطاً بين مقاطع جيولوجية تغطي مناطق من شمالي الأردن الى جنوبية (١)(Bender, 1968)، وكما هو واضح فان عمر وحدة الحجر الجيري السيليسي الحامل لخامات التريبولي هو العصر الكامباني التابع للجزء العلوي من العصر الطباشيري وتعلوها وحدة الفوسفوريت، وفي اسفلها وحدة الحجر الجيري الكتلي التي تصبح ذات سحنات

رمـلـيـة في الجنوب. وتعلو وحدة الفوسفوريت وحدة الطباشير ــ الطفال الغنية بالصخر الزيتي المعروف والمتكشف في شمالي الأردن وجنوبيه.



شكل ١١ ــ ١ أماكن وجود رواسب التريبولي في الأردن.

شكل ١١ ـ٢ ترابط الوحدات الصخرية المختلفة من شمالي الأردن الى جنو به (١).

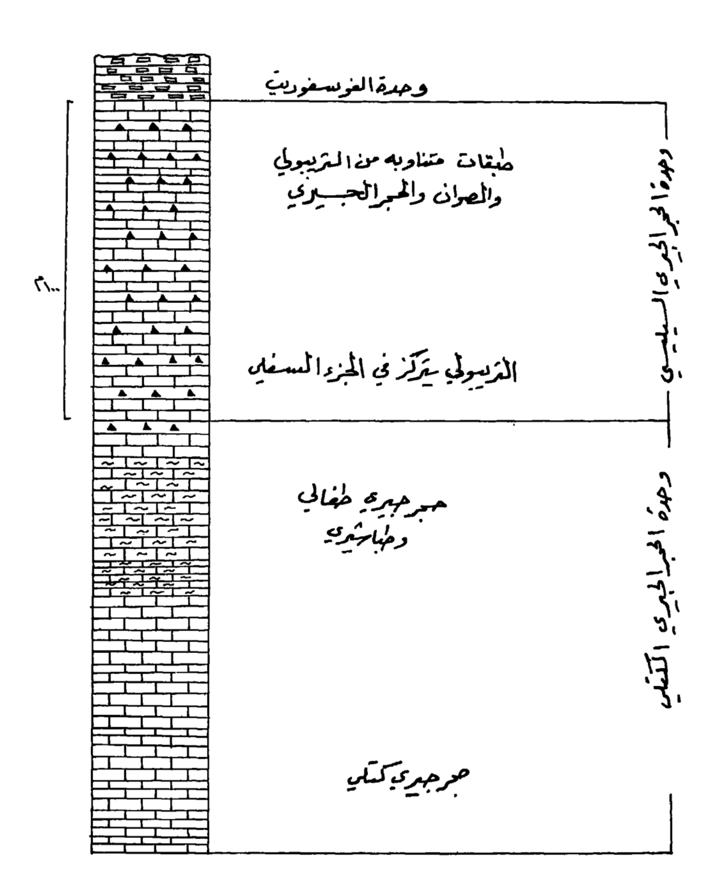
ولقد قام المؤلف بمعاينة معظم التكشفات للحجر الجيري السيليسي في الاردن كما هو مبين في الشكل (١١ ــ ١)، وتبين بأن خامات التريبولي تتوافر في هذه الوحدة وتتركز في الجزء السفلي، وتوجد ترسبات محدودة من التريبولي مصاحبة لطبقات الصوان في وحدة الفوسفوريت التي تعلو وحدة الحجر الجيري السيليسي. وتظهر خامات التريبولي بوضوح مصاحبة لطبقات الفوسفات والصوان في منطقة الشدية في جنوبي الأردن وفي منطقة وادي السموع شمال غربي الأردن.

و يبين شكل (١١ ــ ٣) مقطعاً عاماً لتوزع التريبولي في وحدة الحجر الجيري السيليسي. ولقد قام (Krashan, 1988) حديثا (٧) بدراسة لوحدة الحجر الجيري السيليسي في جنوبي الأردن.

وتتراوح سماكة وحدة الحجر الجيري السيليسي بين ١٠٠ ــ ١٣٠ مترا، وتقع أقصى سماكات رواسب التريبولي الى ١٢ مترا وذلك في منطقة الكرك (عينون ــ الشهابية). الا ان التريبولي يصاحب دائما هذه الوحدة في مناطق أخرى على شكل طبقات رقيقة وأشرطة وعدسات محصورة بين طبقات الحجر تكون إما مصاحبة أو غير مصاحبة لعقد من الصوان.

ومما يجدر ذكره أن وحدة الحجر الجيري السيليسي تتكون من طبقات متناوبة من الحجر الجيري والصوان. و يبين الشكل (١١ ــ ٤) الوضع الحقلي لرواسب التريبولي حيث يوضح عمليات الاحلال في صخر الحجر الجيري تأخذ أشكالا مختلفة معتمدة على ظواهر جيولوجية محددة من حيث وجود تشققات أو تكهفات أو صدوع أو طيات مما يسهل عملية مرور المحاليل القلوية الحاملة للسيلكا. ففي شكل (١١ ــ ٤ أ، ب) يتبع التريبولي التراكيب الرسوبية من حيث اتجاه الطبقات وميلها. و يوجد تغير تدريجي في تراكيب رواسب التريبولي المعدني من نقي الى تريبولي غني بمعدن الكالسيت أو حجر جيري نقي (١١ ــ ٤ جـ). وفي بعض الطبقات يحتوي راسب التريبولي على بقايا من الحجر الجيري أو الصوان الأصلي من وحدة الحجر الجيري السيليسي (شكل ١١ ــ ٤ د، هـ) وفي كثير من الحالات يوجد راسب التريبولي على شكل عدسات أو مركزات تتبع الكسور والشقوق في الصخر الأم (شكل ١١ ــ ٤ و، ز) كذلك فان هناك تدرجاً واضحاً في تركيب الصوان من كتلي الى بورساليني صلب الى تريبولي ناعم.

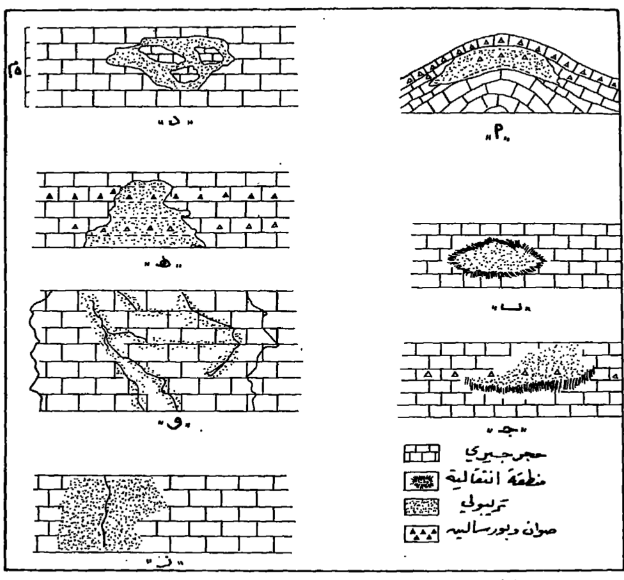
وفي منطقة عينون ــ الشهابية فان التتابع الطبقي الأصلي قد تم إحلاله كليا عموديا وأفقيا بواسطة التريبولي، وقد لوحظ في أماكن عديدة وخاصة في منطقة وادي الموجب، بقايا لطوابع وقوالب الأحافير التي كانت موجودة في الصخر الأصلي قد تم احلالها كليا بواسطة التريبولي، وقد حفظت بدرجة عالية بحيث تظهر التفاصيل كافة (شكل ١١ ــ ٥).



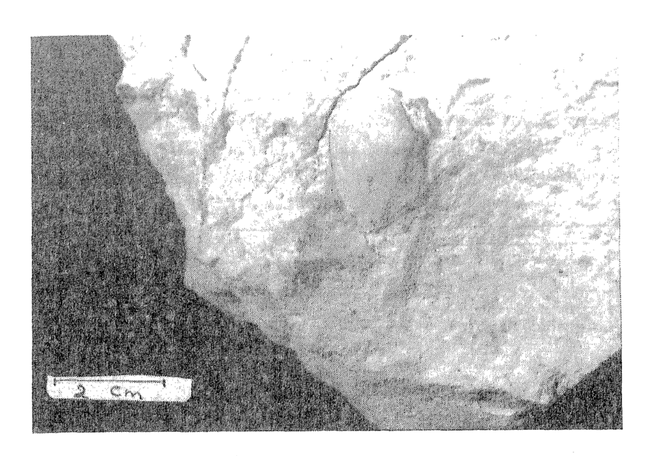
شكل ١١ ــ٣ مقطع عام يبين وجود التريبولي في وحدة الحجر الجيري السيليسي.

التركيب المعدنـــــــــي

يمكن تقسيم التريبولي مجهريا الى ثلاث مجموعات مشابهة للتقسيم الحقلي: المجموعة الأولى من الحجر الجيري الدقيق الحبيبات إضافة الى المحتوى المتفاوت من الأحافير الكبيرة والصغيرة. وتوجد بلورات الكالسيت كبير الحجم كترسبات ثانو ية في التشققات والكسور وحولها نتيجة للذو بان واعادة التبلور، وتوجد أيضا بلورات من الكوارتز الثانوي حول هذه التشققات. أما المجموعة الثانية من العينات المأخوذة من المنطقة الانتقالية بين الحجر الجيري والتريبولي أو الصوان والتريبولي فتدل على زيادة نسبة حبيبات الكوارتز



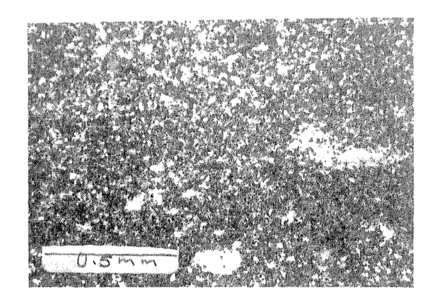
شكل ١١ ــ ٤ أشكال مختلفة لوجود خامات التريبولي في الطبقات المصاحبة في الأردن (٥).
أ، ب. التريبولي يتبع التراكيب الرسوبية
جـ. التغير التدريجي في تركيب رواسب التريبولي من نقي الى تريبولي غني بالكالسيت الى حجر جيري نقي.
د، هـ. بقايا الحجر الجيري، الصوان والبورسالين في رواسب التريبولي.
و، ز. التريبولي على شكل تكو ينات تتبع الكسور والشقوق.



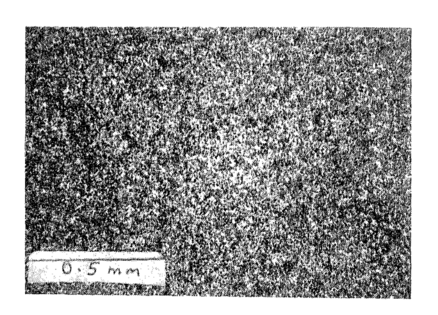
شكل ١١ ــ ٥ بقايا لحفرية تم احلالها كليا بواسطة التريبولي.

المكون للتريبولي على حساب الكالسيت مستتر التبلور أو الكوارتز مستتر التبلور. وتظهر الصورة (شكل ١١ ــ٦) وجود بقايا و بقع غير منتظمة من الصخر الأصلي (الحجر الجيري) في مجموعة المنطقة الانتقالية من العينات كما تظهر بقايا لبعض الأحافير الصغيرة والكبيرة. وتبين دراسة المجموعة الثالثة من العينات بأنها مكونة كلياً من التريبولي وتدل على أن إحلالا كاملا قد تم للحجر الجيري أو للصوان بواسطة السيلكا شكل (١١ ــ٧).

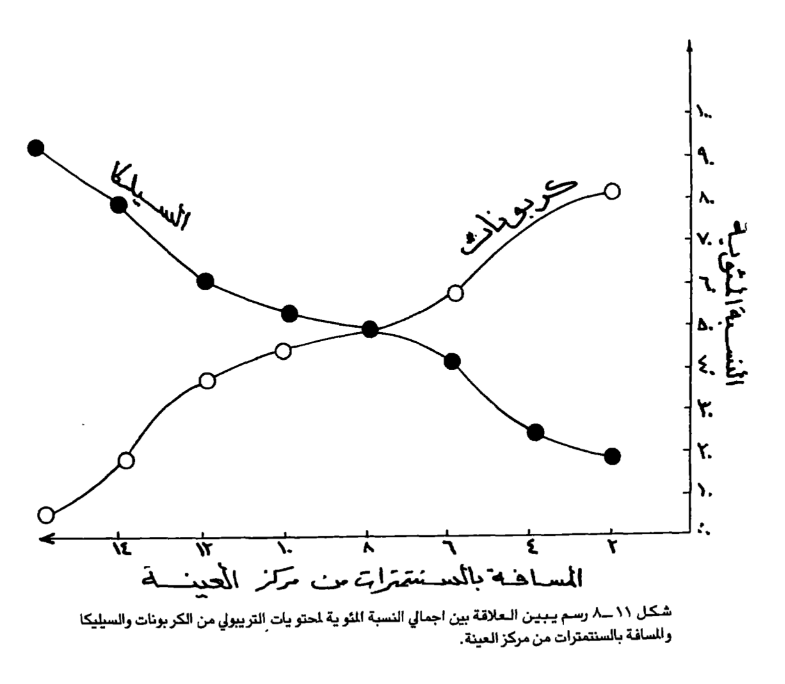
وقد اختيرت عينات كبيرة الحجم يتراوح قطرها بين ٤٠ ــ ٦٠ سم وتحتوي على ثلاثة نطاقات تتغير في التركيب من حجر جيري الى تريبولي. وتمت دراسة محتوى الكالسيت والكوارتز لعينات صغيرة مأخوذة من النطاقات الثلاثة المختلفة للعينات كبيرة الحجم التي تبين نطاقاً خارجيا مكوناً من الحجر الجيري ونطاقاً انتقاليا مكوناً من خليط من الحجر الجيري والتريبولي وآخر داخليا مكوناً من التريبولي. وأخذت عينات متساو ية الوزن كل ٢ سم من المركز حتى النطاق الخارجي وتمت دراسة محتواها من الكالسيت.



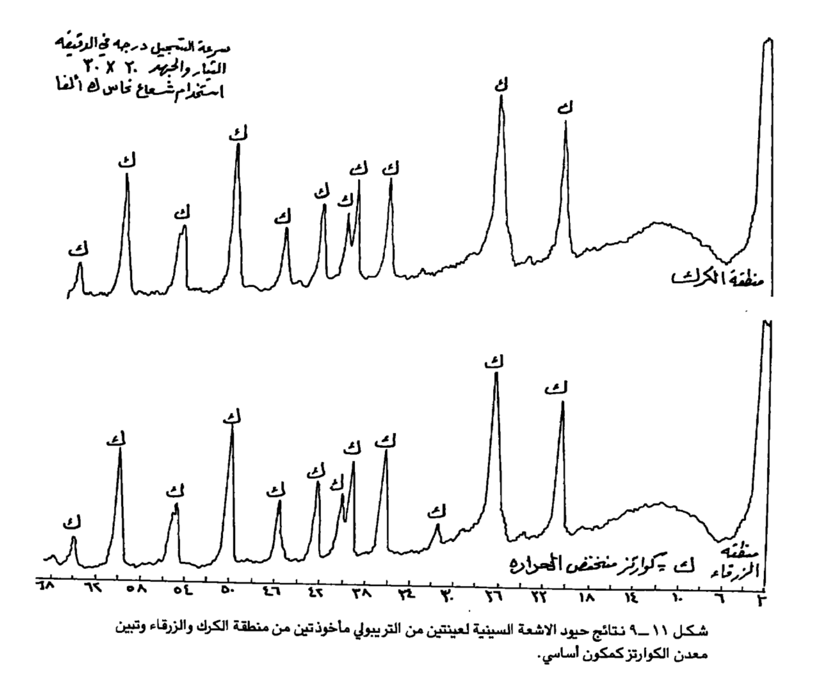
شكل ١١ ـ٦ صورة مجهرية تبين احلال السيليكا (التريبولي) محل الحجر الجيري. وتظهر بقايا الحد
الجيري بشكل غير منتظم.



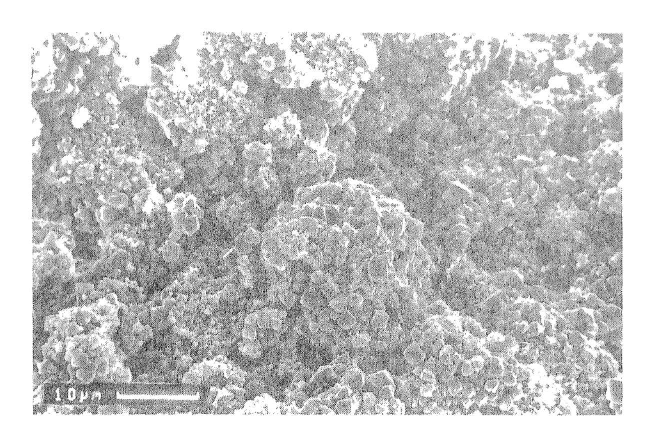
شكل ١١ ـ٧ صورة مجهرية للتريبولي (إحلال كامل).



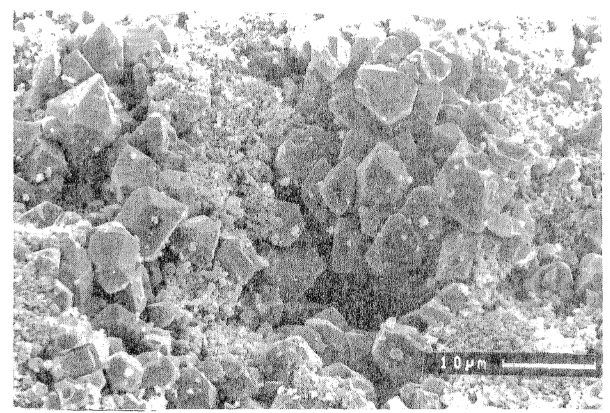
شكل ١١ — ٨ رسم يبين العلاقة بين اجمالي النسبة المئوية لمحتويات التريبولي من الكربونات والسيليكا والمسافة بالسنتمترات من مركز العينة.



شكل ١١ ـ٩ نتائج حيود الاشعة السينية لعينتين من التريبولي مأخوذتين من منطقة الكرك والزرقاء وتبين معدن الكوارتز كمكون أساسي.



شكل ١١ ـ ١٠ صورة تحت المجهر الالكتروني الماسح تبين الكوارتز كامل الاوجه مع سيليكا متبلورة على شكل او بال ـ سي تي يعتقد بأنها المرحلة قبل تكو ين الكوارتز كامل الاوجه.



شكل ١١ ـ ١١ صورة تحت المجهر الالكتروني الماسح تبين الكوارتز كامل الاوجه مع سيليكا وكالسيت مستتر التبلور.

و يبين الشكل (١١ ـ ٨) نتائج هذه الدراسة على عينات كبيرة تتميز بوجود النطاقات الثلاثة السابقة الذكر حيث يبلغ قطر هذه العينة ٥٠ سم.

وتدل النتيجة على وجود علاقة عكسية للمحتوى المعدني لكل من الكالسيت والكوارتز، حيث تزيد نسبة الكوارتز على حساب نسبة الكالسيت اذ تبلغ أعلى نسبة للمحتوى من الكوارتز في وسط العينة التي تدل على الاحلال الكامل للحجر الجيري بواسطة السيليكا.

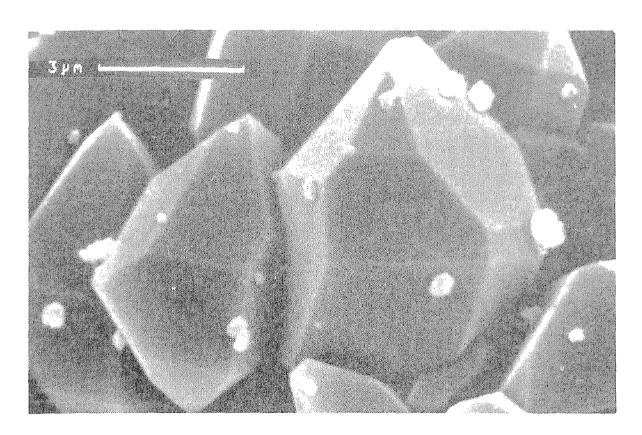
و بينت دراسة المحتوى المعدني للعينات بواسطة جهاز حيود الاشعة السينية بأن كافة عينات رواسب التريبولي متشابهة. و يبين شكل (١١ ـ ٩) نموذجين لنتائج عينتين من منطقتي الزرقاء والكرك. و يظهر وجود معدن الكوارتز كمحتوى أساسي، وفي دراسة لعينات من البورساليتيت في جنوبي الأردن تبين أنها تتكون من الكوارتز اضافة الى الأو بال ـ سي تي الذي يتميز بالانعكاسات ٣ر٤، ٥ر٢ انجستروم. ولقد أدت هذه النتائج الى الاعتقاد بأن الأو بال ـ سي تي هو المرحلة المتوسطة لتغير البورساليتت الى تريبولي. وفي دراسة قام بها المؤلف على الخصائص الحرارية للتريبولي الأردني وجد بأنها تتغير الى او بال ـ سي تي على درجة حرارة تتراوح بين ٢٢٠ ـ ٢٧٠ درجة مئوية.

وتبين الأشكال (١١ ـ ١٠، ١١ ـ ١١، ١١ ـ ١٢) بلورات الكوارتز كاملة الأوجه إضافة للسيليكا الزجاجية غير المتبلورة و بقايا كربونات الكالسيوم. و يتضح من شكل ١١ ـ ١٣ وجود بلورات كوارتز و بلورات صغيرة من الليسفيرز لمعدن الأو بال ـ سي تي الذي يفسر أن الأو بال يسبق تكون معدن الكوارتز المستقر الكامل الأوجه.

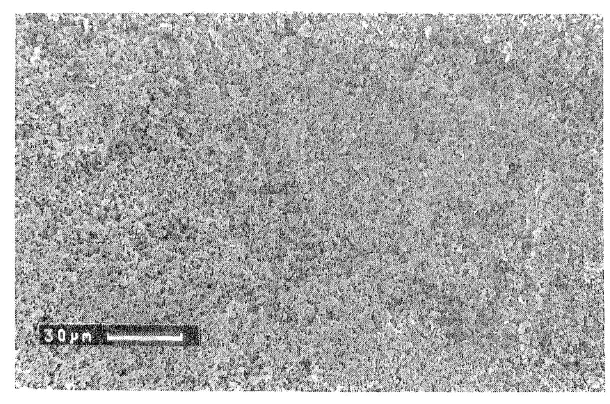
نشأة رواسب التريبولي

يتضح مما سبق ان رواسب التريبولي تتكون أساسا من معدن الكوارتز الدقيق الحبيبات الكامل الأوجه، وتنحصر الخامات الاقتصادية في وحدة الحجر الجيري السيليسي التابع للعصر الطباشيري العلوي وهي تغطي مناطق شاسعة من الأردن من شمالية الى جنوبية. يوجد التريبولي ايضا و بشكل محدود مصاحباً لطبقات الصوان والبورساليتيت في وحدة الفوسفوريت التي تعلو الحجر الجيري السيليسي.

لقد أثبتت الدراسات التي قام بها المؤلف أن رواسب التريبولي تكونت نتيجة الاحلال المباشرة للمياه الغنية بالسيليكا التي حلت محل كربونات الكالسيوم المكون الاساسي للحجر الجيري، أو نتيجة إعادة تبلور مكونات البورساليتيت من أو بال ـ سي تي غير الثابت. و يعد التغير في درجة تركيز أيون الهيدروجين (الحامضية ـ القلوية) في المياه المتخللة هو العامل المؤثر في ذو بان أو ترسب السيليكا على حساب كربونات الكالسيوم. ومصدر السيليكا الذائبة هو الطبقات الصوانية والبورسالينية في وحدة الفوسفور ووحدة الحجر الجيري السيليسي وعادة ما تكون المياه المتخللة في الصخور الجيرية قلوية نتيجة ذو بان الكالسيت بالمياه الحامضية الغنية بحامض الكربونيك الناتج من ذو بان ثاني أكسيد الكربون بالماء. و يعتقد



شكل ١١ ـ ١٢ صورة تحت المجهر الالكتروني الماسح تبين الكوارتز كامل الاوجه المكون الاساسي للتريبولي الاردني.



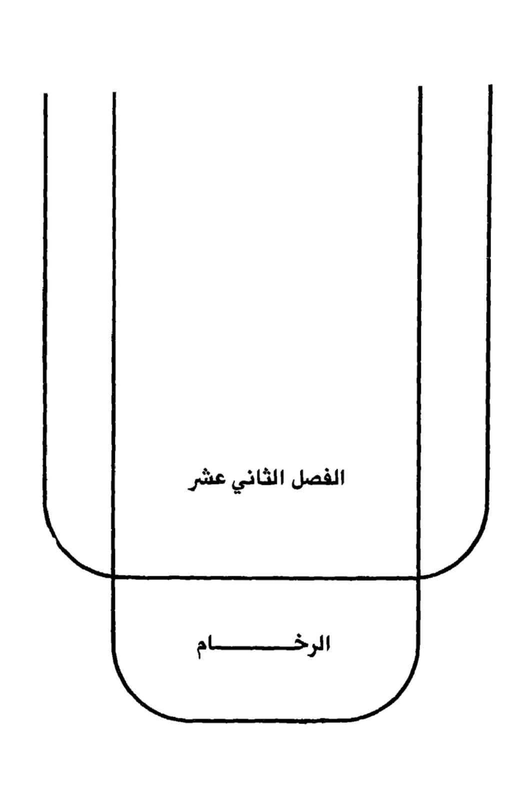
شكل ١١ ـ ١٣ صورة تحت المجهر الالكتروني الماسح تبين الكوارتز والاو بال ـ سي تي المكون الأساسي للبورسالينيت.

المؤلف أن درجة القلو ية تزداد محليا في بعض المناطق كالمقارن وضبعة نتيجة وجود معدن البورتلانديت Portlandite سهل الذو بان في الماء في وحدة الحجر الجيري البيتيوميني [٤] (Khoury, 1985)، التي تعلو وحدة الفوسفوريت. وتزداد كمية رواسب التريبولي على حساب الحجر الجيري وخاصة في المناطق التي تزداد نفاذيتها (مستو يات التطبق والشقوق والفواصل)، و يعتقد بأن لوجود بلورات من الجبس أو الهاليت في الحجر الجيري تأثيراً مباشراً على ترسيب بلورات الكوارتز كامل الأوجه. كما سهلت معادن المتبخرات عملية ذو بان كر بونات الكالسيوم وترسيب السيليكا. أما بالنسبة لخامات التريبولي الموجودة في طبقات الصوان والبورسالينيت فيعتقد المؤلف بأن الصوان والفوسفوريت في وحدة الفوسفوريت مرتبطان من حيث النشأة حيث أن للتيارات الصاعدة دوراً مهما في حمل السيليكا الناتجة عن ذو بان الدياتومايت والراديولاريا الى المناطق الضحلة وترسيبها على شكل كوارتز أو او بال ـسي تي غير ثابت حسب تركيز السيليكا في مياه البحر. و يترسب الكوارتز عادة في محاليل سيليكاتية مخففة [٩] (Robertson, 1977)، وعليه فان حجم بلورات الكوارتز المستتر في الصوان الذي يعتقد بأنه كان أصلا او بال ـسي تي و وجود معدن الأو بال ـ سي تي، غير الثابت في البورسالينيت والمسامية والنفاذية العالية الناتجة عن الكسور والشقوق والفواصل ور بما وجود ترسبات ثانو ية أخرى من معادن المتبخرات ساعدت في الذو بان وإعادة التبلور الى معدن أكثر ثبوتا وهو الكوارتز كامل الأوجه.

أن لطبيعة تكو ين رواسب التريبولي و وجودها بكميات تجارية امكانية للمساهمة في الصناعات المحلية المختلفة كصناعة التعبئة ومواد الحك والكشط وهناك حاجة ماسة لاجراء التجارب الصناعية على هذه الخامات.

References

1. Bender, F., 1968: Geologie Von Jordanein, Beitrage Zur Geologie der Erde. Borntraeger, Berlin, 203 p.
2. Jeresat, K., and Bashir, S., 1972: The triploi occurrences between Madaba and Tafila, N.R.A. Internal Report, Amman.
3. Karam, S., 1973: Geological report on some tripoli occurrences in Jordan. Royal Sci. Soc., Amman.
4. Khoury, H., 1985: The origin of highly alkaline water form Maqarin area, Jordan, Dirasat, 12:125-133.
5. Khoury, H., 1986: The origin of tripoli in Jordan., Sediment. Geol., 48:223-235.
6. Khoury, H., 1987: Tripolization of chert in Jordan., Sediment. Geol., 53:305-310.
7. Krashan, G., 1988: Sedimentology and geochemistry of Amman Formation in Wadi El-Mujib area, central Jordan. Unpublished M.Sc. thesis, U of Jordan.
8. Omari, K., 1975: The tripoli prospects of Ainun and El-Shehabiyeh, N.R.A. Internal, Amman.
9. Robertson, A, 1977: The origin and diagenesis of chert from Cyprus. Sedimentology., 24: 11-30.
10. Saadi, T., 1968: Tripoli. N.R.A Internal Report, Amman.



الفصل الثاني عشر
الرخــــــام

الرخـــــــام

يوجد الرخام في ثلاث مناطق في الأردن هي ضبعة ـ سواقة ٥٠ كم جنوب عمان، وصو يلح ١٦ كم شمال غرب عمان، والمقارن ١٦ كم شمال اربد (شكل ١٢ ـ ١) و يغطي في المنطقة الأولى مساحات شاسعة و يستخرج من المحاجر المختلفة و يباع كاحجار للزينة، و يتميز الرخام في جميع المناطق بألوانه العديدة التي تحتوي على الوان البني والأحمر والوردي والأبيض والأرجوني والأسود والأصفر والأخضر. و يمكن أن تظهر معظم الألوان في منطقة صغيرة لا تتعدى مساحتها الأمتار أو حتى السنتيمترات، و يمكن مضاهاة هذه الصخور من جميع النواحي الجيولوجية والطبقية والمعدنية والكيماو ية مع بعضها بعضاً ومع النطاقات الملونة المعروفة بفلسطين. ولقد درست النطاقات الملونة في السابق من قبل العديد من الباحثين مثل (٤، ٥، ٧، ٨، ٢١، ٢٢، ٢٣، ٢٤، ٢٥).

Bentor et al, 1963; 1972; Gross et al, 1967;
Kolodny et al, 1971; 1973; Kolodny and Gross, 1974;
Gross, 1977; Matthews and Kolodny, 1978;
and Kolodny, 1979.

ونظرا لأهمية النطاقات الملونة من وجهة النظر الأكاديمية فسوف يستعرض المؤلف نتائج الأبحاث التي تمت على الرخام الأردني.

جيولوجية مناطق الرخام

منطقة ضبعة ـ سواقة

لقد ذكر(٦، ٢٨) Burdon, 1959; and Ruef and Jeresat, 1965 وجود الرخام في وسط الأردن حيث أرجع سبب اللون الأخضر الى وجود عنصر الكروم، ثم وصف(٢) Bender, 1968 صخور ضبعة ـ سواقة بأنها تحتوي على معادن غير عادية مثل الكروماتيت Chromatite والتيامبونيت tyuyamunite موجودة أيضا في وحدة الفوسفوريت. ولقد قامت سلطة المصادر الطبيعية(٩) (Hakki, 1978) بدراسة الجدوى الاقتصادية للرخام في وسط الأردن وتم رسم خرائط جيولوجية مفصلة مقياس (١ : ٥٠٫٠٠٠) لمناطق خان الزبيب وسواقة(١، ١٢) (Jasser, 1986. Barjous; 1986) و يبين شكل (١٢ ـ ٢) التتابع الطبقي للصخور المتكشفة في وسط الأردن. و يوجد الرخام في وحدة الطباشير ـ المارل التي تعلو وحدة الفوسفوريت، و يتراوح عمر هذه الصخور بين الماسترختي والباليوسين وتبلغ سماكتها حوالي ٧٠م في خان الزبيب وتصل الى ٢٧٠م الى الشرق. و يتكون الجزء السفلي من الطباشير الأبيض والصوان والحجر الجيري والمارل البيتيوميني. أما الجزء العلوي فيحتوي على الرخام والحجر الجيري البيتيوميني. وتقطع المنطقة مجموعتان من الصدوع تتجه شرق غرب (صدوع زرقاء ماعين) وشمال غرب ـ جنوب شرق (مجموعة صدوع وادي الحمام). وتتكون في الرخام مجموعة

صدوع صغيرة تتجه شمال شرق ــ جنوب غرب. وتجدر الاشارة هنا الى أن الرخام يمتد الى الشرق من طريق ضبعة ــ القطرانة الى ما يزيد عن ٣٠ كم وأن الدراسة التفصيلية لوجود الرخام في تلك المناطق هي من ضمن الضروريات المستقبلية في البحث الجيولوجي في الاردن.

منطقة صو يلح

و يوجد الرخام في الطبقات المكافئة لصخور الماسترختي ــ الباليوسين نفسها. ولقد قام (٣١) Wiesemann and Rósch, 1969 بدراسة المنطقة جيولوجياً و بينوا أن سبب التحول هو الميتاسوماتزم وتأثير الحركات التكتونية اللاحقة. والشكل (١٢ ــ ٣) هو مقطع في منطقة صو يلح يبين أماكن توضح الرخام حيث يظهر تأثير التحول أيضا على وحدة الفوسفوريت. وتطغى صخور الأباتيت شيست الخضراء على مجموعة الصخور المتحولة الاخرى والمتميزة بالالوان البنية والسوداء. وتتكشف في منطقة صو يلح بقايا وحدة الطباشير ــ الطفال على شكل صخور جيرية بيتيومينية. ومنطقة وجود الرخام هي جزء من طية محدبة (انثناء) تتجه ١٤٥ درجة شمالا وتميل ٤٫٥ درجات جنوب شرق، والطية المحدبة هي جزء من تراكيب أخرى معقدة تؤكد وجود قوى ضاغطة(٢٦، ٢٩) Salameh, 1980; Mikble and Zacher, 1981

منطقة المقـــــارن

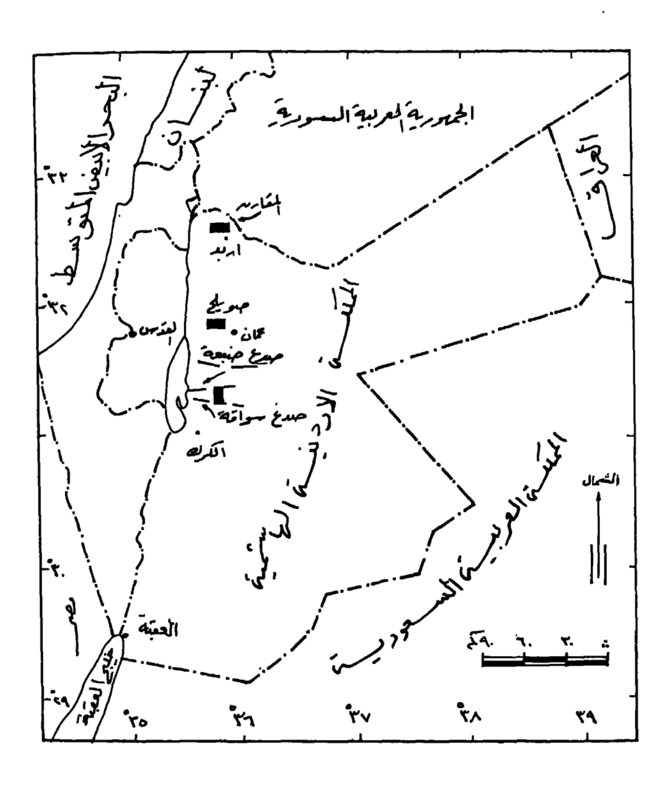
يوجد الرخام الملون على شكل غير منتظم في الوحدة الصخرية نفسها التابعة للعصر الماسترختي ــ الباليوسين. ولقد بين (٣٠) Wiesemann and Abdullatif, 1963 أن سماكة وحدة الطباشيري المارل تصل الى ٢٠٠ م و يتكشف الحجر الجيري البيتيوميني في منطقة نهر اليرموك والمناطق المجاورة (شكل ١٢ ــ ٤)، وتصل سماكته الى ٥٠ م تعلوه صخور من الحجر الجيري والطباشيري والصوان تصل سماكتها الى ١٠٠ م في منطقة نهر اليرموك. وتتميز هذه الصخور بأنها كثيرة الشقوق والفواصل وخاصة في الجزء السفلي حيث تظهر عقد الصخور المتحولة بين الصخور الرسوبية البيتيومينية، و يغطي البازلت (١٥ م) من العصر البلايستوسين وحدة الطباشير ــ المارل.

التركيب المعدني والكيماوي للرخام

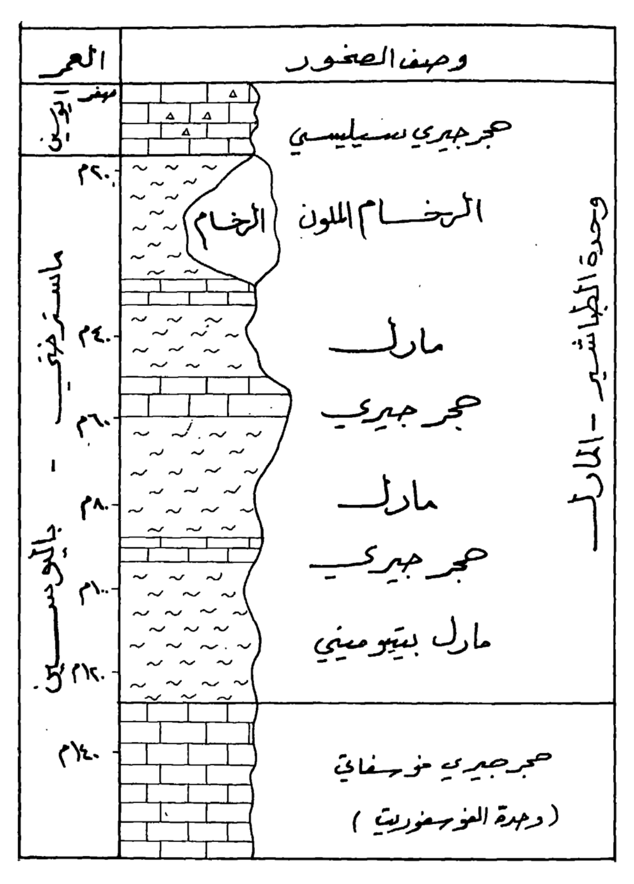
لقد أجريت دراسات عديدة على تكوين الرخام المعدني، وكان من نتائج هذه الدراسات ايجاد مجموعات من المعادن غير العادية و بعضها يعرف لاول مرة مثل معدن الهاشميت (١٠) Hashemite (Hauf, 1979) والفولكونسكو يت الخالي من الحديد (١٩) Volkonskoite (Khoury et al, 1984). ولقد أجريت الدراسات المعدنية والكيماو ية من قبل عدد من الباحثين مثل(١١، ١٥، ١٦، ٢٠، ٢٧):

Heimbach anf Rósch, 1980; Khoury and Nassir, 1982 a and b;

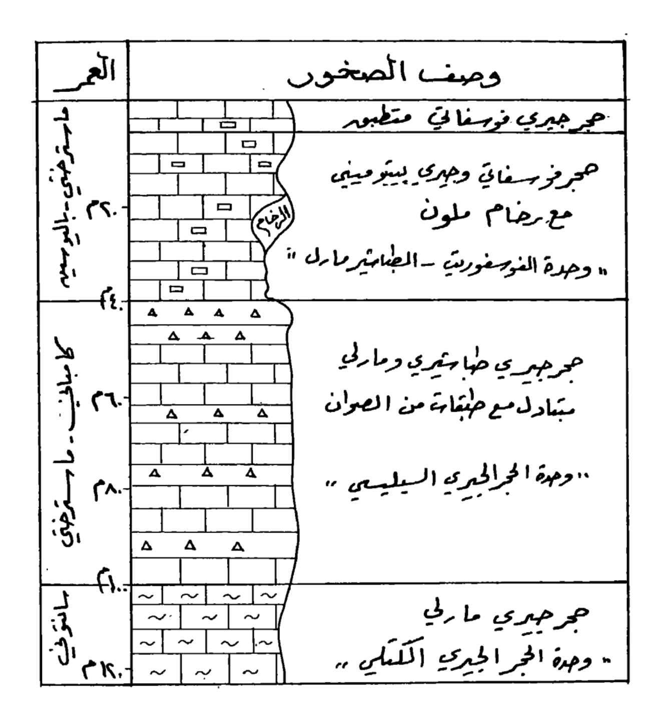
Nassir and Khoury, 1982; Khoury and Salameh, 1986



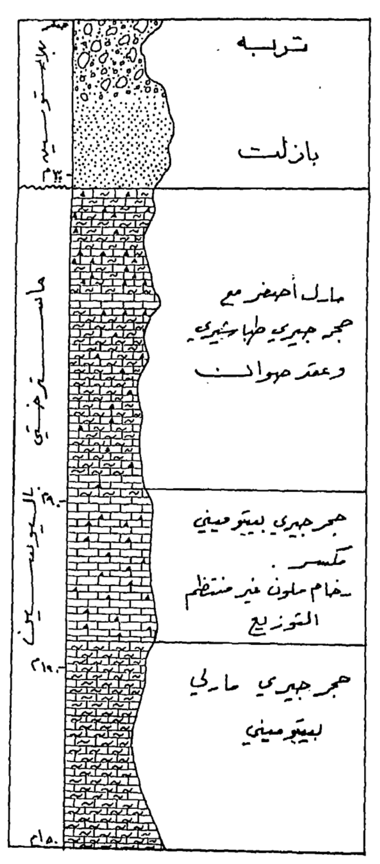
شكل ١٢ ـــ ١ خريطة تبين أماكن وجود الرخام في الاردن.



شكل ١٢ ـ٢ مقطع جيولوجي عام في منطقة ضبعة ـ سواقه يبين توضع الرخام بالنسبة للصخور الأخرى.



شكل ١٢ ـ٣ مقطع جيولوجي عام في منطقة صو يلح يبين توضع الرخام.



شكل ١٢ ــ ٤ مقطع جيولوجي عام في منطقة المقارن يبين توضع الرخام.

ولا يزال المؤلف يقوم بالعديد من الأبحاث على المعادن غير العادية في مناطق الرخام المختلفة وخاصة معادن السيليكا ومجموعة المعادن التي تبين الاحلال الكامل مثل اترنجيت ـ ثوماسيت Ettringite-Thaumasite وهيدروكسي ابوفيلليت Hydroxy-apophyllite والتو بيرموريت الغني بالالومنيوم Tobermorite.

وتتشابه المعادن المكونة للرخام الملون في جميع المناطق وتزداد نسبها وتنقص من منطقة الى منطقة ومن عينة الى أخرى. فمثلا تشترك صخور الرخام بوجود معادن الاباتيت والكالسيت والشبوريت بنسب مختلفة حتى في العينة الصخرية نفسها وتوجد بعض المعادن كمكونات أساسية للصخور مثل البورتلانديت في المقارن.

و يمكن تصنيف المعادن المكونة للرخام في الأردن الى مجموعتين أساسيتين : ــ

المجموعة الاولى : مجموعة المعادن ذات درجة الحرارة العالية الشبيهة بمعادن الصخور المتحولة الحرارية والمتكونة تحت ضغط منخفض، وهذه المعادن هي كاليست Calcite، واباتيت Apatite، وشبوريت Spurrite وديوبسيد Diopside و ولاشتونيت Wollastonite وانورثيت Anorthite وجرافيت Graphite وجارنت Garnet و بيرفوسكيت Pervoskite وسيلكات الكالسيوم الثنائية Dicalcium- silicates ولارنيت Larnite وسيلكات الكالسيوم الثلاثية Tricalcium-silicates.

المجموعة الثانية : مجموعة المعادن ذات درجة الحرارة المنخفضة الشبيهة بنواتج الاسمنت المميهة والمكربنة وتتضمن كبريت Sulfur وهاليت Halite وهيماتيت Hematite وماجهيميت Maghemite و بيرولوسيت Pyrolusite وكوارتز Quartz واو بال أ Opal-A واو بال ــ سي تي Opal-CT و بورتلانديت Portlandite وجوثيت Goethite وسيلكات الكالسيوم الثنائية المميهة Dicalcium-silicate-hydrate وسيلكات الكالسيوم المميهة Calcium-silicate-hydrate وكالسيت Calcite وفاتيريت Vaterite واراجونيت Aragonite ودولومايت Dolomite وثلاثي كربونات الالومنيوم والكالسيوم المميهه Calcium-aluminate-tricarbonate-hydrate. وانهيدرايت Anhydrite و باريت Barite وهاشميت Hashemite وجبس Gypsum واترنجيت Ettringite وفلور أباتيت Fluirapatite و باسانيت Bassanite وافو يلليت Afwillite وكالسيت ثانوي Calcite وأباتيت ثانوي Apatite وفرانكولايت Francolite وميتا أوتيونيت **Meta-autunite** وميتاتيناميونيت Meta-tynyamunite وثوماسيت Thaumasite وتو بيرموريت ٩،٣ر٣، ١١ر١٣ انجستروم Tobermorite وابوفيلليت Apophyllite وإليت Illite و مونتموريللونيت Montmorillonite وفولكونسكو يت Volkonskoite وكاولينيت Kaolinite. و يبين الجدول (١٢ ــ ١) المعادن ذات درجة الحرارة المرتفعة والمنخفضة التي تم التعرف إليها في مناطق الرخام في الأردن، ومن المتوقع التعرف الى عشرات المعادن الأخرى. ولقد سجل أكثر من مائة معدن في منطقة النطاقات الملونة (٨)(Gross, 1977).

جدول (١٢ ـ ١) المعادن التي تم التعرف إليها في مناطق الرخام الأردنية

أ ـ مجموعة المعادن ذات درجة الحرارة العالية	التركيب الكيماوي
كالسيت	$Ca CO_3$
فلور أباتيت	$Ca_5 (PO4)_3F$
شبوريت	$Ca_5 CO_3 . (SiO_4)_2$
ديوبسيد	$Ca (Fe,Mg) Si_2O_6$
ولاشتونيت	$Ca SiO_3$
انورثيت	$Ca Al_2Si_2O_8$
جرافيت	C
جارنت	$Ca_3 Al_2 (SiO_4)_3$
بيرفوسكيت	$Ca TiO_3$
لارنيت	$\beta - Ca_2 (SiO_4)$
سيلكات الكالسيوم الثلاثة	$Ca_3 (O/SiO_4)$

ب ـ مجموعة المعادن ذات درجة الحرارة المنخفضة	التركيب الكيماوي
كبريت	S
هاليت	NaCl
هيماتيت	Fe_2O_3
ماجهيميت	$\gamma - Fe_2O_3$
بيرولوسيت	MnO_2
كوارتز	SiO_2
اوبال ـ سي تي	SiO_2
بورتلانديت	$Ca (OH)_2$
جوثيت	FeO. OH
سيلكات الكالسيوم المميهة	$CaH_2 (Si_2O_6). H_2O$
فاتيريت	$\mu = Ca CO_3$
سيلكات الكالسيوم الثنائية المميهة	$Ca_2 (HSiO_4)OH$

يتبع جدول (١٢ - ١)

أراجونيت	$Ca\ CO_3$
دولومايت	$Ca\ Mg\ (CO3)_2$
كوتناهوريت	$Ca\ (Mg, Mn)\ (CO3)_2$
انهيدرايت	$Ca\ SO_4$
باريـت	$Ba\ SO_4$
هاشميت	$Ba\ (Cr,S)\ O_4$
جبس	$Ca\ SO4 \cdot 2H_2O$
إترنجيت	$Ca_6\ (Al(OH)_6)_2\ (SO_4)_3 \cdot 26H_2O$
باسانيت	$CaSO_4 \cdot 1/2\ H_2$
أفويلليت	$Ca_3\ (SiO_3 \cdot OH)_2 \cdot 2H_2O$
فرانكوليت	$Ca_5\ (PO_4, CO3)_3\ (OH,F)$
ميتا اوتيونيت	$Ca[(UO_2)\ (PO_4)]_2 \cdot 2-6H_2$
ميتاتيناميونيت	$Ca\ ((UO_2)\ (VO_4))_2 \cdot 3-5H_2O$
ثوماسيت	$Ca_6H_4\ (SiO4)_2\ (CO_3)_2 \cdot 26\ H_2O$
توبيرموريت ٩,٣ أ°	$Ca_5\ H_2\ (Si_3O_9)_2 \cdot 2\ H_2O$
توبيرموريت ١١,٣ أ°	$Ca_5H_2\ (Si_3O_9)_2 \cdot 4H_2O$
توبيرموريت ١٤ أ°	$Ca_5H_2\ (Si_3O_9)_2 \cdot 6H_2O$
أبو فيلليت	$K\ FCa_4\ (Si_4O_{10})_2 \cdot 8H_2O$
إليت	$K_{0.8}\ (Al, Fe, Mg)_2\ Si_4\ O_{10}\ (OH)_2$
مونتموريللونيت	$K_{0.3}\ (Al_{1.7}M9_{0.3})\ Si_4\ O_{10}\ (OH)_2$
فولكونسكويت	$1.06\ M^+\ (Si_{7.39}\ Al_{0.61})\ Cr_{2.20}\ Mg_{2.52}\ O_{20}\ (OH)_4$
كاولينيت	$Al_2\ Si_2O_5\ (OH)_4$

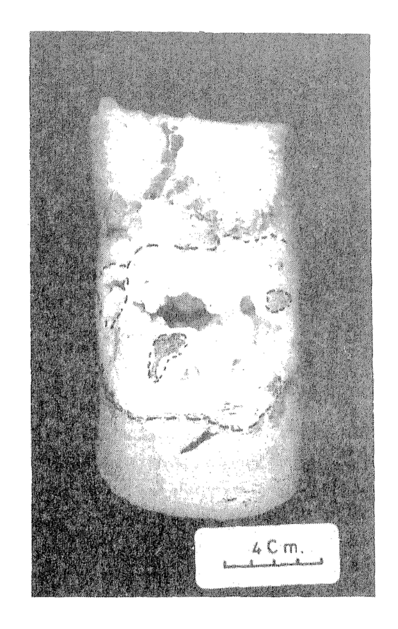
وتعد المعادن ذات درجة الحرارة المرتفعة المكون الأساسي لصخور الرخام، في حين توجد المعادن ذات الحرارة المنخفضة مالئة الشقوق والفواصل والفراغات. و يبين الشكل (١٢ ــ ٥) عينة اسطوانية تظهر المعادن منخفضة الحرارة تملا الفراغات وتنمو على حساب الرخام من منطقة المقارن، و يبين الشكلان (١٢ ــ ٦، ١٢ ــ ٧) صورتين مجهريتين لمعرفي الكالسيت والأ باتيت المتبلورين اللذين يعتبران المكون الأساسي للرخام الأ ردني. وتوجد أشكال والوان مختلفة لأطوار السيليكا المصاحبة (١٨) Khoury and Graetsch, 1989 أهمها الاو بال ــسي تي والأ و بال ــ أ ولونالايت Lunalite إضافة الى الكوارتز والكوارتزين والكالسيدوني (الشكلان ١٢ ــ ٨ و١٢ ــ ٩).

وتبين الاشكال (١٢ ــ ١٠، ١٢ ــ ١١، ١٢ ــ١٢، ١٢ ــ١٣، ١٢ ــ ١٤، ١٢ ــ ١٥، ١٢ ــ ١٦، ١٢ ــ ١٧) صوراً مختارة تحت المجهر الالكتروني الماسح لمعادن الأ باتيت وكالسيت واترنجيت ــ ثوماسيت (احلال كامل) وتو بيرموريت وجبس و باسانيت وأنهيدريت وهيدروكسي أبوفيلليت وتظهر بعض هذه المعادن تركيبا بلوريا جديدا ذا أهمية واسعة من الناحيتين الاكاديمية والاقتصادية وخاصة فيما يتعلق بصناعة الاسمنت. والبحث لا يزال مستمراً على هذه المعادن.

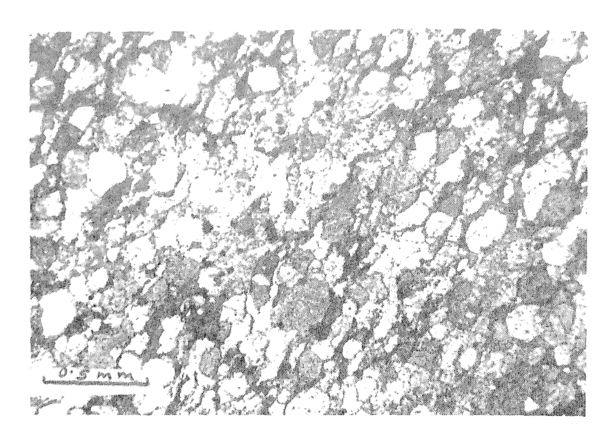
والتركيب الكيماوي لصخور معادن الرخام فريد و يختلف عن أي رخام معروف. و يبين الجدولان (١٢ ــ ٢ و ١٢ ــ ٣) التركيب الكيماوي للعناصر الاساسية والشحيحة لثلاث عينات من الرخام الرمادي والاخضر والبني. ومما يجدر ذكره أن اللون الأخضر يعزى الى وجود معدن الأ باتيت، وأن درجة التلون في رخام ضبعة لها علاقة بدرجات حرارة التحول الى الأ باتيت والى وجود معادن ثانو ية ملونة مثل الا ترنجيت (الأصفر) والفولكونسكو يت (الأخضر) وتو بيرموريت و بورتلانديت (أبيض)... الخ والتي تحمل نسبة عالية من العناصر الشحيحة مثل الكروم. و يبين جدول (١٢ ــ ٤) التركيب الكيماوي لمعدن ثوماسيت حيث يظهر بوضوح وجود نسبة عالية من ثالث اكسيد الكبريت التي تحل محل مجموعة الكر بونات بحيث يتغير المعدن في حالة الاحلال الكامل الى اترنجيت. و يبين جدول (١٢ ــ ٥) التركيب الكيماوي لمادة ثانو ية صفراء غير متبلورة مشابهة الى حد كبير التركيب الكيماوي لمعدن ولاشتونيت.

نشأة الرخام في الاردن :

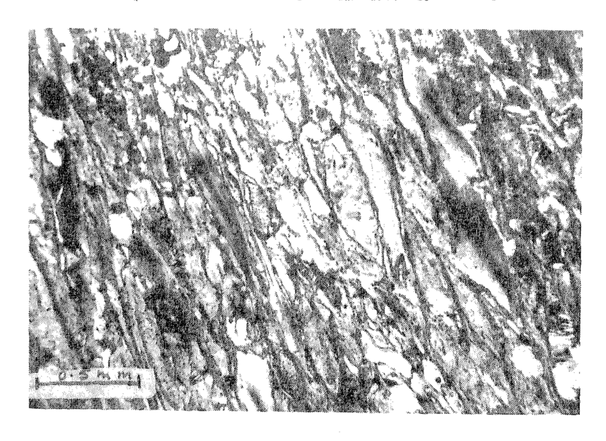
يوجد الرخام الملون في الأ ردن في الوحدة الصخرية نفسها المكافئة للحجر الجيري البيتيوميني (الصخر الزيتي) في وحدة الطباشير ــ المارل. و يغطي الصخر الزيتي الأ ردني مساحات شاسعة من الأ ردن، و يتكشف قريبا من السطح في أواسط الأ ردن وجنو به. و يتميز الرخام كما ذكرنا بوجود مجموعتين من المعادن : ــ



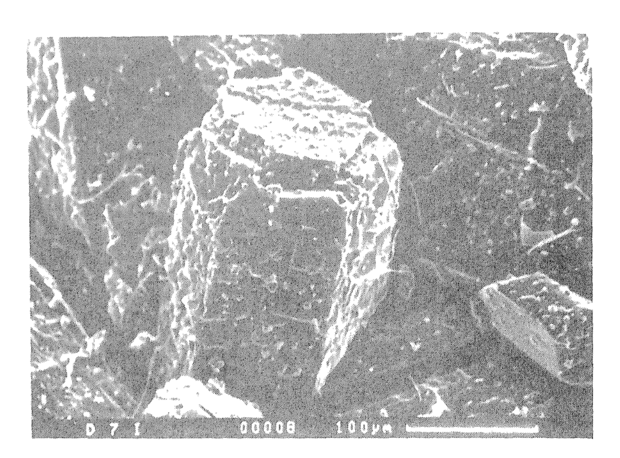
شكل ١٢ ـ ٥ عينة أسطوانية تبين المعادن منخفضة الحرارة مالئة للفراغات ونامية على حساب الرخام .



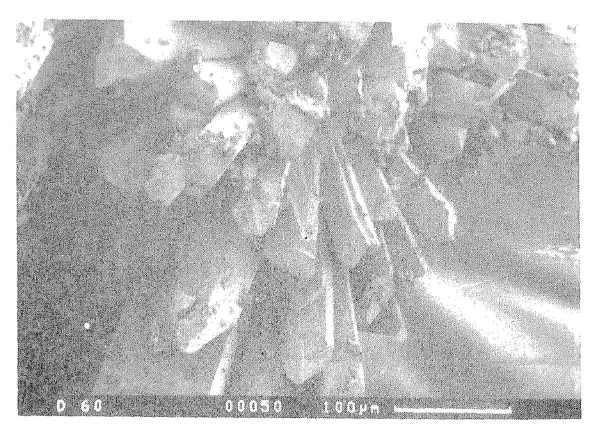
شكل ١٢ ـ٦ صورة مجهرية تبين معادن الكالسيت والأ باتيت المتبلور في الرخام.



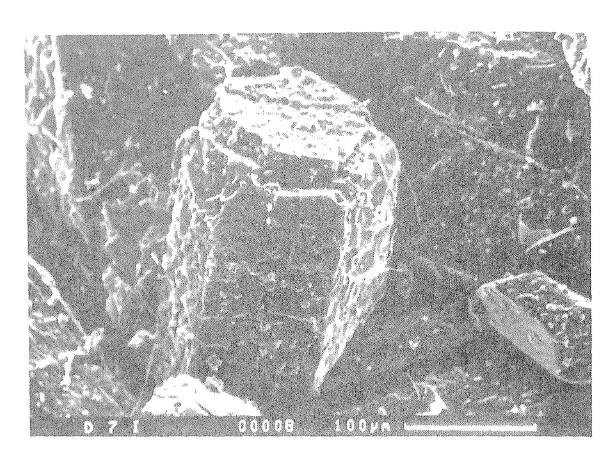
شكل ١٢ ـ٧ صورة تبين معدن الأ باتيت المتبلور من رخام صو يلح.



شكل ١٢ ــ ١٠ صورة تحت المجهر الالكتروني الماسح لمعدن أباتيت من منطقة ضبعة .



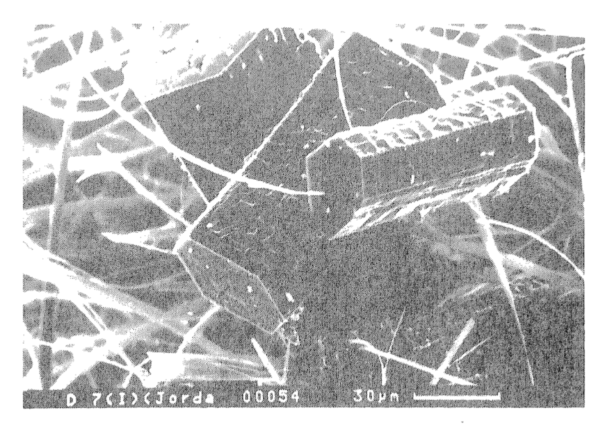
شكل ١٢ ــ ١١ صورة تحت المجهر الالكتروني الماسح لمعدن كالسيت من منطقة ضبعة .



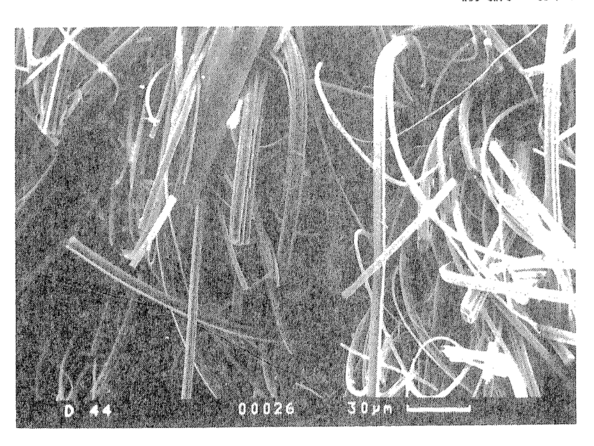
شكل ١٢ ـ ١٠ صورة تحت المجهر الالكتروني الماسح لمعدن أباتيت منْ منطقة ضبعة.



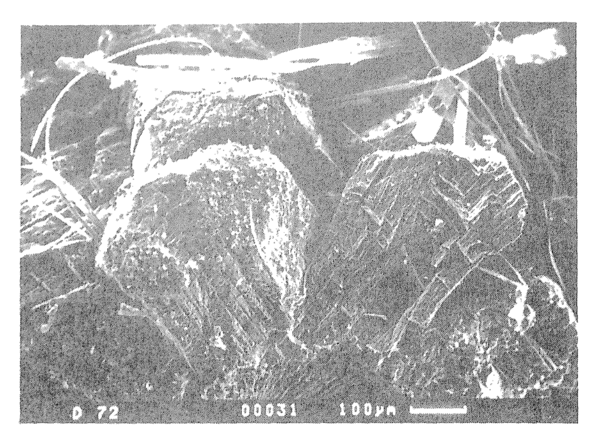
شكل ١٢ ـ ١١ صورة تحت المجهر الالكتروني الماسح لمعدن كالسيت من منطقة ضبعة.



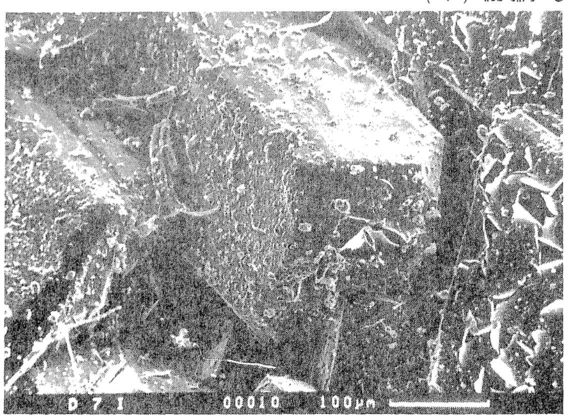
شكل ١٢ ــ١٢ صورة تحت المجهر الالكتروني للاترنجيت ــثوماسيت (احلال كامل) من منطقة ضبعة وتظهر معها بلورات تو بيرموريت.



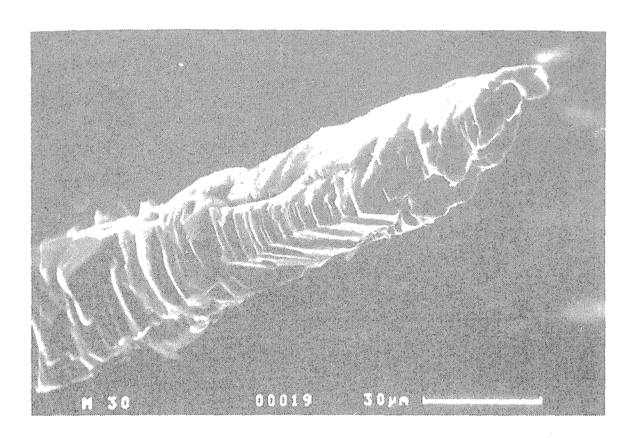
شكل ١٢ ــ ١٣ صورة تحت المجهر الالكتروني الماسح لبلورات التوبيرموريت من منطقة ضبعة.



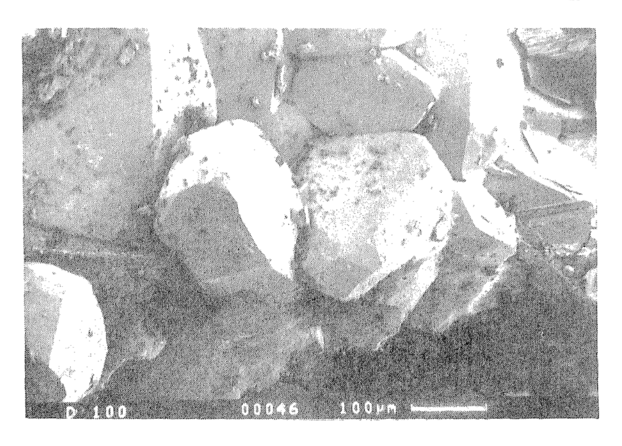
شكل ١٢ ــ ١٤ صورة تحت المجهر الالكتروني الماسح لبلورات من الباسانيت والانهيدرايت مع بلورات ليفية من التو بيرموريت (ضبعة).



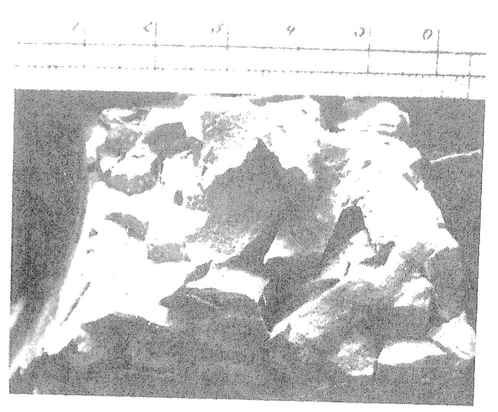
شكل ١٢ ــ ١٥ صورة تحت المجهر الالكتروني الماسح لبلورات من الجبس مع معادن طينية من منطقة ضبعة.



شكل ١٢ ـ١٦ صورة تحت المجهر الالكتروني لصفائح البورتلانديت مرتبة على شكل ابري من منطقة المقارن.



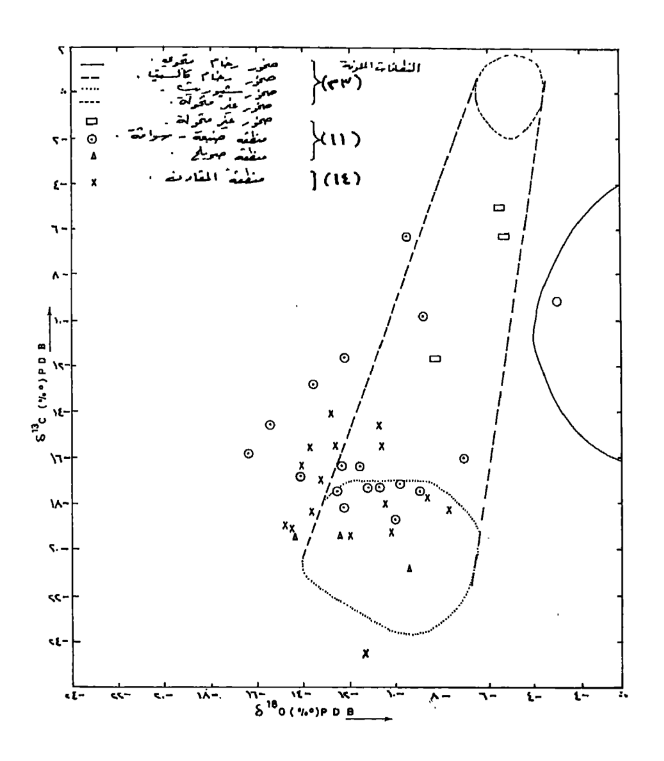
شكل ١٢ ـ١٧ صورة تحت المجهر الالكتروني الماسح لمعدن ابوفيلليت من منطقة ضبعة.



شكل ١٢ ـ١٨ صورة ممثلة لظاهرة التركيب التشققي في الرخام نتيجة التمدد والتقلص.

١. مجموعة المعادن ذات درجة الحرارة العالية والمشابهة الى حد كبير معادن الصخور المتحولة الحرارية التي تتكون عادة تحت ضغط منخفض. وتطغى عمليات فقدان ثاني اكسيد الكربون والماء واعادة التبلور على تكوين هذه المجموعة.
٢. مجموعة المعادن ذات درجة الحرارة المنخفضة التي تملأ الفراغات والشقوق نتيجة التبلور من المياه المتخللة أو خلال عمليات التميه والتكربن والاحلال... الخ لمعادن المجموعة الأولى.

و يتوقع أي باحث من اول نظرة للمجموعة الاولى من المعادن وجود صخر ناري متدخل مسؤول عن التحول الحراري للصخور الجيرية. ولكن الوضع يختلف في نشأة الرخام الاردني. فلا يوجد أي دليل على وجود صخر ناري متدخل في أي من مناطق الدراسة. كما أن الصخور المتحولة في منطقة ضبعة ـ سواقة تنتشر في مساحات شاسعة، والرخام محصور في الطبقات المكافئة للصخر الزيتي بحيث توجد صخور رسوبية بحرية في أعلى مناطق الرخام وأسفلها. و بالتالي فانه يجب أن يكون هناك مصدر للحرارة العالية للتحول غير الصخور النارية المتدخلة. ولا يوجد تفسير سوى تبني نظرية الحرق الذاتي للصخر الزيتي. وعملية الحرق الذاتي معروفة وخاصة في مناجم الفحم حيث تصل الحرارة الى ١٠٠٠ درجة مئوية ولكن تحتاج الى ثلاثة شروط هي توافر الأوكسجين والمواد



شكل ١٢ ــ ١٩ العلاقة بين النظائر الثابتة للاوكسجين والكربون في عينات الرخام الأردني

جدول (١٢ - ٢) التركيب الكيماوي لثلاث أنواع من رخام ضبعة

الأكاسيد ٪	الرخام الرمادي	الرخام الأخضر	الرخام البني
SiO_2	3.08	1.57	8.4
TiO_2	0.01	0.01	0.02
Al_2O_3	0.35	0.45	5.03
Fe_2O_3	0.27	0.17	0.26
MnO	0.68	0.01	00.0
MgO	2.18	0.28	0.2
CaO	47.75	55.12	36.66
Na_2O	0.00	0.00	0.00
K_2O	0.01	0.00	0.00
P_2O_5	0.01	22.34	1.2
SO_3	0.54	0.31	10.14
LOI	43.8	18.70	36.70
	98.68	99.00	98.61

العضو ية البيتومينية والحدث الذي يساعد على بدء التفاعل. إن قرب الصخر الزيتي من السطح وتأثره بالعوامل التكتونية المختلفة في مناطق الرخام ساعدت في تكو ين الكسور والشقوق التي فتحت الطريق للاوكسجين لينفذ. وكما هو معروف فان الصخر الزيتي غني بالكيروجين الذي تصل نسبته الى اكثر من ٢٥٪ من المحتوى الصخري. ولكن ما هو الحدث الذي بدأ عملية الاحتراق ؟ لا بد وأن هنالك علاقة بين تكتونية مناطق الرخام و بدء التفاعل، فمثلا التصدع الكثيف في منطقة ضبعة (نهاية عصر الميوسين) والانثناء في منطقة صو يلح وصعود الصهير البازلتي في عصر البلايستوسين في المقارن. إن بدء عملية الحرق للصخر الزيتي سوف يؤدي الى ارتفاع حرارة الصخر وتمدده و يتبع ذلك عمليات

جدول ١٢ ـ ٣ العناصر الشحيحة في ثلاثة انواع من رخام ضبعة

الرخام البني	الرخام الاخضر	الرخام الرمادي	العناصر (جزء بالمليون)
121	497	171	Ba
90	39	46	Ce
0	1	4	Co
4319	438	17	Cr
250	261	30	Cu
174	103	66	La
9	0	0	Nb
183	25	20	Ni
0	28	9	Pb
1	0	0	Rb
0	0	0	Sc
269	1268	7262	Sr
7	4	0	Th
346	150	19	V
17	76	3	Y
1763	954	21	Zn
4	35	159	Zr

جدول (١٢ ـ ٤) التركيب الكيماوي لمعدن
ثوماسيت يبين الاحلال الجزئي مع معدن
اترنجيت من منطقة المقارن

النسب المئوية	الأكاسيد
25.4	CaO
0.06	MgO
8.9	SiO_2
7.7	CO_2
16.0	SO_3
36.18	H_2O-
4.61	H_2O^+
0.19	Al_2O_3
99.04	المجموع

جدول (١٢ ـ ٥) التركيب الكيماوي لمادة
غير متبلورة صفراء من منطقة المقارن

النسبة المئوية	الأكاسيد
25.12	SiO_2
0.00	TiO_2
0.07	Al_2O_3
0.13	Fe_2O_3
0.00	MnO
0.09	MgO
43.63	CaO
0.00	Na_2O
0.01	K_2O
0.17	P_2O_5
2.17	SO_3
0.04	Cr_2O_3
0.34	ZnO
28.20	L01
99.97	

التبريد والتقلص مما يساعد في تكو ين قنوات ثانو ية تسهل حركة الاوكسيجن الذي يعتبر توافره من أهم عوامل استمرارية التفاعل. و يبين شكل (١٢ ــ١٨) عينة رخام تمثل ظاهرة التركيب التشققي نتيجة التمدد والتقلص.

ولقد دعمت دراسة النظائر الثابته للأوكسجين مبدأ الحرق الذاتي للصخر الزيتي، وكما يبين شكل (١٢ ــ١٩) فان هناك تركيزاً للنظائر الخفيفة في الصخور المتحولة مقارنة بالصخور غير المتحولة (١٤) (Khoury, 1989). وكلما زادت حرارة الاحتراق زاد تركيز النظائر الخفيفة. و يتصاعد ثاني اكسيد الكربون الغني بالكربون الخفيف عادة نتيجة عملية الحرق للمواد العضو ية و يدخل في تركيب الكالسيت والاباتيت والشبوريت المتبلور. ولكي يستمر التفاعل وخاصة عند تكو ين بعض المعادن مثل ولاشتونيت، يجب ان يبقى تركيز ثاني اكسيد الكربون في الصخور منخفضاً عن طريق خروجه الى الجو أو تخفيفه عن طريق المياه المتخلله.

أما المعادن ذات درجة الحرارة المنخفضة فان تكو ينها له علاقة مباشرة بوجود مياه قلو ية تتخلل هذه الصخور تصل قلو يتها الى اكثر من (١٢). وقد سجلت هذه المياه في منطقة المقارن (١٣، ٢٠) Khoury, 1985; Khoury et al, 1985. و يبين جدولا (١٢ ــ٦ و ١٢ ــ٧) التركيب الكيماوي للمياه القلو ية من حيث الاملاح الذائبة والعناصر النادرة والتي هي أصلا ذات تركيز عال في الصخر الزيتي. وكما يظهر فان هذه المياه القلو ية هي من النوع هيدروكسيد الكالسيوم، وتكونت نتيجة ذو بان البورتلانديت الذي يعتبر معدناً واسع الانتشار وخاصة في منطقة المقارن. و يتكون البورتلانديت نتيجة تميع اكسيد الكالسيوم الناتج عن كلسنة الحجر الجيري البيتوميني الخالي من الشوائب السيليكاتية. وتتفاعل هذه المياه مع ثاني أكسيد الكربون بمجرد خروجها الى السطح وترسب الكالسيت على شكل صواعد وهوابط (شكل ١٢ ــ ٢٠).

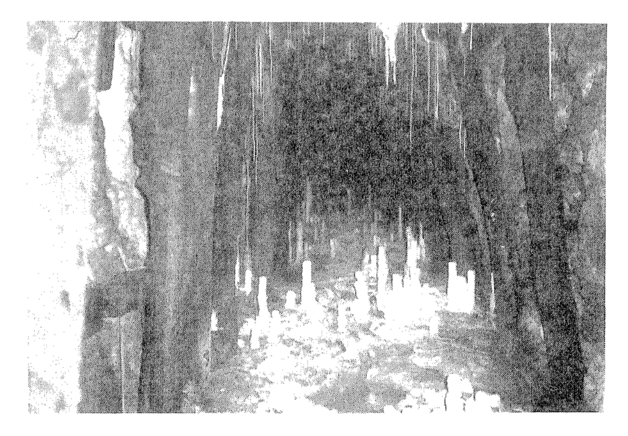
إن المياه القلو ية الغنية بهيدروكسيد الكالسيوم المتخللة في الصخر الزيتي أو نواتجه من الرخام هي المسؤولة عن ترسيب الترافرتين وتكو ين المعادن المنخفضة الحرارة ذات التركيب الكيماوي المتباين، كذلك فان لهذه المياه القدرة على التفاعل واستخراج العناصر المختلفة من الصخور التي تتخللها وترسيبها على شكل معادن ثانو ية. ولقد بين (٢) Barnes, et, 1982 أن المياه القلو ية من وادي السجين في منطقة المقارن فوق مشبعة بالنسبة لبعض المعادن مثل ولاشتونيت الذي يعتبر معدنا مميزاً للتحول الحراري العالي.

جدول (١٢ - ٦) التركيب الكيماوي للمياه القلوية من منطقة المقارن

		نفق A−6	نبع وادي السجين	بئر FS−1	منطقة الترافرتين	نفق AFS−2	نفق A−1	نفق A−4
Temperature (°C)		—	20.8	24.5	—	24.5	—	—
pH		12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5
Ca^{2+}	mg l^{-1}	480.90	815.63	923.84	735.47	679.30	710.10	310.62
	meq l^{-1}	24.30	40.70	46.10	36.70	33.90	35.43	15.50
	meq%	87.13	94.78	94.82	83.33	92.55	91.81	79.61
Mg^{2+}	mg l^{-1}	0.00	0.00	zero	6.08	3.65	zero	7.30
	meq l^{-1}	zero	zero	0.00	0.5	0.30	zero	0.60
	meq%	0.00	0.00	0.00	1.14	0.82	0.00	3.08
Na^{+}	mg l^{-1}	67.37	30.08	45.98	124.15	50.58	59.77	68.97
	meq l^{-1}	2.90	1.70	2.00	5.40	2.20	2.60	3.00
	meq%	10.40	3.96	4.11	—	6.01	6.74	15.41
K^{+}	mg l^{-1}	25.27	21.11	20.33	75.88	20.72	21.90	14.47
	meq l^{-1}	0.66	0.54	0.52	1.94	0.53	0.50	0.37
	meq%	2.37	1.26	1.07	12.26	1.45	1.45	1.90
Total Cations meq l^{-1}		27.89	42.94	48.62	44.04	36.63	38.59	19.47
Co_3^{2-}	mg l^{-1}	30.01	108.04	36.01	162.05	60.02	42.33	18.31
	meq l^{-1}	1.00	3.60	1.20	5.46	2.00	1.41	0.61
	meq%	3.56	8.55	2.47	12.58	5.50	3.33	3.09
HCO_3^{-}	mg l^{-1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	meq l^{-1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	meq%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OH^{-}	mg l^{-1}	328.29	523.91	682.10	435.46	474.58	523.06	175.88
	meq l^{-1}	19.30	30.80	40.10	25.00	27.90	30.75	10.34
	meq%	68.54	73.18	82.44	59.62	76.69	72.51	52.51
Cl^{-}	mg l^{-1}	76.29	91.76	101.04	253.63	74.23	95.74	92.91
	meq l^{-1}	2.15	2.59	2.85	7.15	2.09	2.70	2.62
	meq%	7.63	6.15	5.86	16.65	5.75	6.37	13.25
NO_3^{-}	mg l^{-1}	3.05	8.86	2.25	32.94	8.18	7.75	2.86
	meq l^{-1}	0.05	0.14	0.04	0.53	0.13	0.13	0.05
	meq%	0.18	0.33	0.08	1.23	0.30	0.31	0.25
SO_4^{2-}	mg l^{-1}	271.85	238.23	223.34	204.61	204.61	356.38	286.26
	meq l^{-1}	5.66	4.96	4.65	4.20	4.26	7.42	5.96
	meq%	20.10	11.78	9.56	8.78	11.71	17.50	30.15
Total Anions meq l^{-1}		28.16	42.09	48.64	42.94	36.38	42.41	19.77
T.D.S. mg l^{-1}		2068.17	2030	1576.93	1775.93	1578.93	1774.70	0977.58

جدول (١٢ ـ ٧) العناصر الشحيحة في المياه القلوية من منطقة المقارن [٢٠]

الموقع	pH	T.D.S. (mgl^{-1})	Cu (ppb)	Mn (ppb)	Cr (ppb)	Ni (ppb)	Zn (ppm)	Pb (ppb)	Fe (ppm)	Co (ppb)	Cd (ppb)	Mo (ppb)
نفق A−6	12.5	1127.87	6.79	2.76	400.70	18.79	0.02	41.97	0.125	47.53	6.35	27.63
وادي السجين	12.5	1866.00	17.54	46.38	523.32	67.41	0.10	95.79	0.081	39.65	9.76	49.62
منطقة الترافرتين	12.5	2030.24	33.13	14.02	422.74	66.00	0.13	81.96	0.113	38.94	8.54	38.07
بئر FS−1	12.5	2868.94	16.71	19.42	161.08	75.53	0.10	81,15	0.161	50.22	9.91	80.77
نفق AFS−2	12.5	1575.93	14.48	16.18	265.46	59.65	0.10	69.19	0,096	36.81	9.76	46.35



شكل ١٢ ــ ٢٠ الصواعد والهوابط المترسبة من المياه القلو ية في احد الانفاق في منطقة المقارن.

أهمية الرخام الأردني

ان اهمية الصخر الزيتي العلمية في الأردن ترجع الى وجود بعض التفاعلات الطبيعية الفريدة غير العادية التي تشبه الى حد كبير ما يجري في صناعة الاسمنت. ان هذه التفاعلات في الأردن أدت الى تكوين صخور الرخام واسعة الانتشار في مناطق ضبعة ـ سواقة وصويلح والمقارن. وتأتي أهميتها من كونها مستمرة حتى الان وتظهر بوضوح أكثر في منطقة المقارن.

ان دراسة هذه الصخور التي هي ناتج طبيعي مشابهه لصناعة الاسمنت يمكن ان تفتح الباب الى كثير من الحقائق والنتائج غير المعروفة حتى الان في الصناعة الاسمنتية.

و يعرف الاسمنت بأنه مسحوق مصنع أبيض أو رمادي عندما يمزج بالماء يعطي كتلة لدنة تتصلب فيما بعد. ان انتاج الاسمنت البورتلندي يتضمن تسخين مزيج من كربونات الكالسيوم والسيليكا والالومينا تحت ضغط منخفض حيث تتم ازالة الماء وثاني اكسيد الكربون، و يتكون من سيليكات الكالسيوم والومينات الكالسيوم واطوار من الحديد. أن المعادن المكونة للاسمنت غير ثابتة بوجود الماء وثاني اكسيد الكربون، و بالتالي فان الاسمنت يتفاعل مع الماء وثاني واكسيد الكربون و يتكون نواتج الاسمنت المميهة والمكربنة التي تعتبر جزءاً من عمليات التصلب.

واذا اراد شخص أن يجد صخوراً مكافئة لمكونات الاسمنت الاساسية فهي الصخور الرسوبية المشابهة في التركيب والغنية بكربونات الكالسيوم والالمنيوم والسيليكا. (الحجر الجيري والمارل) حيث تسخن هذه الصخور الى درجة حرارة عالية وضغط منخفض لتكون الاسمنت. والصخور المتحولة المكونة تحت درجة حرارة عالية وضغط منخفض في الطبيعة هي سحنات السانيدينيت هورنفلس المميزة للتحول التماسي الحراري، وتكون عادة في الطبيعة ذات انتشار محدود وضيق لا يتعدى ٢٠٠ م من نقطة التماس بالصخور النارية المتدخلة.

إن الصخور المتحولة في الأردن ذات انتشار واسع مشابه لمكونات الاسمنت ونواتجه بشكل واضح أكثر من أي انتشار صخري معروف حتى الان. و يمتد التشابه الى اكثر من التكافؤ المعدني وذلك لأن مصدر الطاقة في صناعة الاسمنت وفي هذه الصخور المتحولة هو نفسه الا وهو الزيت (البترول).

ان الصخر الزيتي والصخور المتحولة منه نتيجة للحرق الذاتي للمواد العضوية والكبريتيدات تتكشف في مناطق عديدة من الأردن في الشمال والوسط والجنوب، وتتميز هذه الصخور بوجود مجموعتين من المعادن مشابهة الى حد بعيد لمكونات الاسمنت، ونواتجه :ـ

أ) سيلكات والومينات الكالسيوم المشابهة لمكونات الاسمنت البورتلندي من جهة.

ب) سيلكات والومينات الكالسيوم المميهه والمكربنة المشابهة لنواتج الاسمنت من الجهة الاخرى.

ان الرخام الأردني المشابهة للاسمنت البورتلندي ونواتجه من الناحية المعدنية يمكن أن يكون له مدلولات عملية، حيث أن صناعة الاسمنت لا تتعدى ١٥٥ عاماً.

ان مدى تحمل الاسمنت وقوة الخرسانة على المدى البعيد ما هي الا مجرد تكهنات كاستخدامه مثلا في تخزين نواتج المواد المشعة... الخ، و بالتالي فان دراسة عينة صخرية ضخمة من الرخام المشابهة للاسمنت الذي هو أقدم من أي حضارة يمكن ان تساهم في هذا المجال. كذلك فان تشابه عمليات التحول والتجارب الحديثة لحرق الصخر الزيتي في مكانه يمكن ان تساعد في معرفة تأثيره على البيئة. ان دراسة تحرك العناصر الثقيلة من الرخام الى مستوى المياه الجوفية يمكن أن يؤدي الى معرفة أعلى حد لتحرك هذه العناصر وتأثيرها على البيئة الأردنية.

References

1. Barjous, M., 1986: The geology of Siwaqa map, sheet No. 3252. N.R.A Bull. 4, 70 p.
2. Barnes, I., Presser, T., Saines, M., Dickson, P., and Koster Van Gross, A., 1982:- Geochemistry of high basic calcium hydroxide groundwater in Jordan, Chem. Geol., 35: 147-154.
3. Bender, F., 1968: Geologie Von Jordanien; Beitrage Zur Geologie der Erde, Gerburder Borntraeger, 203 p.
4. Bentor, Y., Gross, S., and Heller, L., 1963: Some unusual minerals from "Mottled Zone" complex, Israel., Amer Min. 48: 924-930.
5. Bentor, Y., Gross, S., and Kolodny, Y., 1972: New evidence on the origin of the high temperature mineral assemblage of the "Mottled Zone", Israel, 24th, International Geological Congress, 2: 265-275.
6. Burdon, D., 1959: Handbook of the geology of Jordan; to accmpany and explain the three sheets of 1:250.000 geological map of Jordan, east of the Rift by A. Quennell., Govt., Hashemite Kingdom of Jordan. 82 p.
7. Gross, S., Mazar, E., and Zak, I., 1967: The "Mottled Zone" complex of Nahal Ayalon, central Israel, Israel J. Earth-Sci., 16:84-94.
8. Gross, S., 1977: The mineralogy of Hatrurim Formation, Israel. Geol. Survey of Israel, Bull. 7, 80 p.
9. Hakki, W., 1978: Daba marble project, N.R.A. Unpublished Report, Amman, 40 p.
10. Hauf, p., 1979: Hashemite from Daba, Jordan, U.S. Geol. Survey, Internal Report, Washington.
11. Heimbach, W., and Rösch, H., 1980: Die Mottled Zone in Central Jordanien., Geol. Jb. 40: 3-17.
12. Jaser, D., 1986: The geology of Khan ez Zabib, Map sheet No. 3253 III., N.R.A., Bull. 3,47 p.
13. Khoury, H., 1985: The origin of highly alkaline waters from the Maqrin area, north Jordan, Dirasat, 12: 125-131.
14. Khoury, H., 1989: Isotopic evidence of thermal metamorphism of the bituminous limestone of Maqarin area, Jordan. (In Press).
15. Khoury, H., and Nassir, S., 1982a: A discussion on the origin of Daba-Siwaqa marble, Dirasat, 9:55-66.
16. Khoury, H., and Nassir, S., 1982 b : High temperature mineralization in the bituminous limestone in Maqarin area, north Jordan., N.Jb. Miner. Abh. 144: 197-213.
17. Khoury, H; and Salameh, E., 1986: The origin of high temperature minerals from Sweileh area, Jordan, Dirasat, 8: 261-269.

18. Khoury, H., and graetsch, H., 1989: Mineralogy and petrography of some opaline phases from Jordan. (In Press).

19. Khoury, H., Mackenzie, R., Russel, J., and Tait, J., 1984: An iron free volkonskoite, Clay Mins, 19: 43-47.

20. Khoury, H., Salameh, E., and Abdul-Jaber, Q., 1985: Characteristics of an unusual highly alkaline water from the Maqarin area, northern Jordan. J. Hydrol., 81: 79-91.

21. Kolodny, Y., Bar, M., and Sass, E., 1971: Fission track age on the "Mottled Zone Event" in Israel. Earth and Planet. Sci. Lett, 11: 269-272.

22. Kolodny, Y., Schulman, N., and Gross, S., 1973: Hazeva Formation sediments affected by the "Mottled Zone Event". Israel J. Earth-Sci., 22: 185-193.

23. Kolodny, Y., and Gross, S., 1974: Thermal metamorphism by combustion of organic matter; isotopic and petrological evidence., J. Geol. 82: 489-506.

24. Kolodny, Y., 1979: Natural cement factory: A geological story. Franklin Pierce Collge, 203-215.

25. Matthews, A., Kolodny, Y., 1978: Oxygen isotope fraction in decarbonation metamorphism, Earth Planet., Sci. lett., 39:197-192.

26. Mikbel, Sh., and Zacher, W., 1981: The Wadi Shueib structure in Jordan., N.Jb. Geol. Palaont. Mh., 9:579.

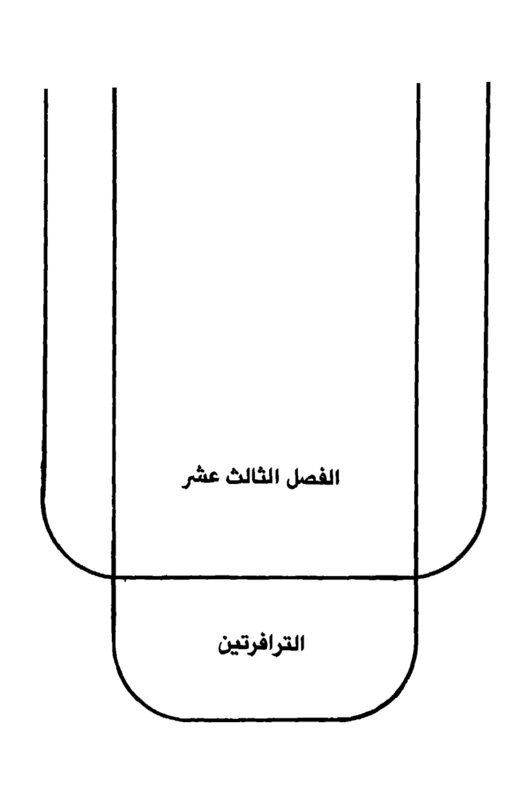
27. Nassir, S., and Khoury, H., 1982: Geology, mineralogy, and petrology of Daba marble, Jordan, Dirasat, 9: 109-130.

28. Ruef, M., and Jeresat, K., 1965; Geology of Jiza-Qatrana area, Central Jordan., N.R.A. Unpublished Report, Amman.

29. Salameh, E., 1980: The Sweileh structure, N.Jb. Geol. Palaont., Mh., 7: 428-438.

30. Wiesemann, G., and Abdullatif, A., 1963: Geology of Yarmouk area, north Jordan, GGM., 120 p.

31. Wiesemann, G., and Rösch, H., 1969: Das Apatit-Vorkommen Von Suweileh, Nord-Jordanien. Beih, Geol. Jb. 81:177-214.


الفصل الثالث عشر
الترافرتين

الترافرتين

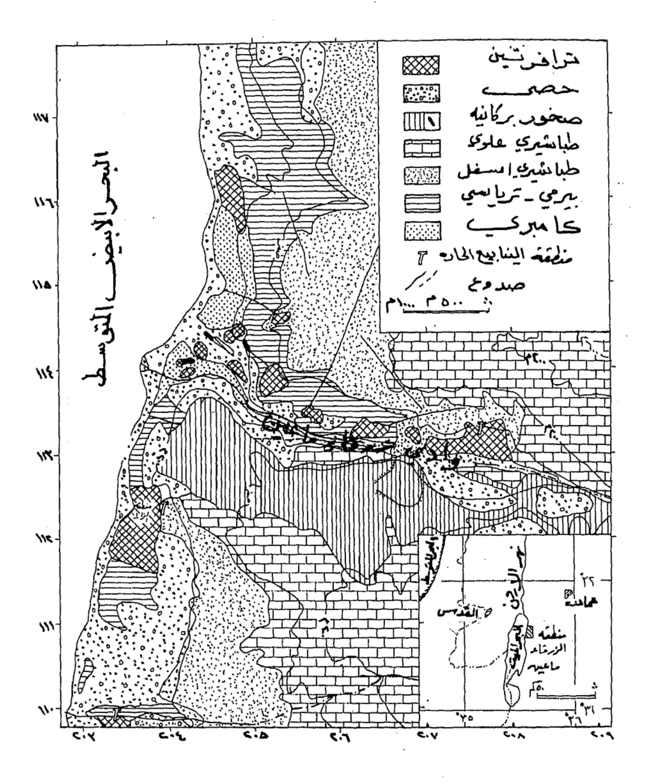
يوجد الترافرتين في منطقة غور الأردن وعلى طول حزام يمتد من منطقة الحمة في الشمال الى منطقة زارة في الجنوب وفي مناطق حمامات الزرقاء ـ ماعين وخان الزبيب. وهو موجود في غور الأردن على شكل رواسب تختلف في حجمها من منطقة الى أخرى الا أن أكبرها موجود في منطقة تبعد ٩ كم جنوب دير علا. وكما هو معروف فان رواسب الترافرتين هي دلالة على أن ينابيع ساخنة قديمة كانت موجودة على طول غور الاردن في العصر البلايستوسين ـ الحديث ومسؤولة عن الترسيب الكيماوي. ولقد قسمت سلطة المصادر الطبيعية(٦) (NRA, 1981) الترافرتين الى خمس مجموعات بالاعتماد على الصلابة واللون والترقق وحجم الفراغات. وتصل سماكة رواسب الترافرتين جنوب دير علا ٥٠ م وتغطي مساحة ٥٠٠ م٢. ولقد قدر الاحتياطي بحوالي ٢٥ مليون طن متري. و بدأت الشركة العامة للتعدين في استغلال الترافرتين منذ عام ١٩٨١. أما في منطقة الزرقاء ـ ماعين فيقدر احتياطي أكبر الرواسب حوالي ٢٠ مليون طن متري. وسوف يستعرض المؤلف فيما يلي نتائج الدراسات التي اجريت على الترافرتين في مناطق ينابيع الزرقاء ـ ماعين الساخنة وخان الزبيب.

الترافرتين في منطقة ينابيع الزرقاء ـ ماعين

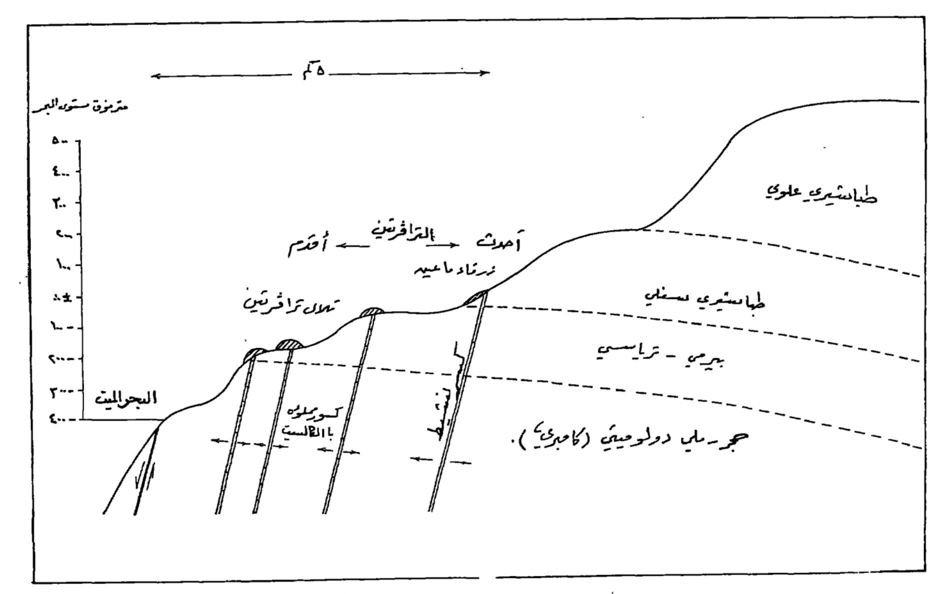
تقع منطقة الترافرتين على بعد ٥٠ ـ ٦٠ كم جنوب غرب عمان وتمثل جزءاً من المنحدرات الشرقية الى البحر الميت. و يبين شكل (١٣ ـ ١) خريطة جيولوجية للمنطقة حيث تتكشف صخور من العصر الكامبري وحتى الطباشيري العلوي. و يبين شكل (١٣ ـ ٢) مقطعا جيولوجياً من البحر الميت الى الجبال الشرقية حيث تظهر رواسب الترافرتين المختلفة القديمة وحتى الحديثة الترسيب. هذا ولقد قام(٤) Khoury et. al, 1984 بدراسة رواسب الترافرتين المختلفة لمعرفة تكوينها المعدني والكيماوي. و يبين الشكل ايضا علاقة رواسب الترافرتين بالتصدع في المنطقة حيث يقع وادي الزرقاء ماعين على طول صدع يتجه شرق ـ غرب. وهناك صدع آخر يتجه شمال شرق ـ جنوب جنوب غرب موازٍ لشاطىء البحر الميت و يقطع الصدع الاول. ولقد ساعدت الصدوع في خروج الصهير البازلتي والمياه الساخنة حيث يوجد حالياً في المنطقة حوالي مائة نبع تصل درجة حرارة بعضها الى ٦٣° م.

رواسب الترافرتين

هناك نوعان من الترافرتين ترسبت من نوعيات مختلفة من المياه الساخنة والباردة، الا أن رواسب الترافرتين من المياه الساخنة هي الاهم والاكثر انتشارا. و يمكن التمييز بين نوعين من الترافرتين هما القديم والحديث. والترافرتين الاقدم الاقرب الى البحر الميت و يتميز بدرجة عالية من المسامية تصل الى ٥٠٪. و يعتبر الكالسيت المكون الأساسي للترافرتين القديم وتصل نسبته الى ٩٠٪. أما المكونات الأخرى فهي الكوارتز واكاسيد الحديد والمنغنيز



شكل ١٣ــ١ خريطة جيولوجية لمنطقة زرقاء ماعين (٤).



شكل ١٣ ــ٢ مقطع جيولوجي لمنطقة الزرقاء ماعين تبين اماكن وجود الترافرتين (٤).

والباريت والمعادن الطينية. وتعتبر رواسب الترافرتين الحديث الناعمة ذات اللون الابيض المصفر ذات أهمية خاصة حيث أنها تتكون أساسا من الأراجونيت المتبلور على شكل مجموعات من البلورات الليفية والشعاعية اشكال (١٣ـ٣، ١٣ـ٤، ١٣ـ٥)، كما هو واضح فان البلورات ذات شكل منشوري سداسي كاذب وذلك نتيجة وجود التوأمة الدائرية. و يعتقد بأن الكالسيت في الترافرتين القديم هو نتيجة للتحول الكاذب للاراجونيت حيث ان الكالسيت هو الطور الثابت في الكربونات المتعددة الشكل.

ودلت نتائج التحليل الكيماوي للترافرتين القديم بأنه غني بثاني اكسيد السيليكون (١٠٪) والنحاس (٣٣٦ جزء بالمليون) واكسيد المنغنيز (٧٣ر٠٪) وفقير في السترونشيوم (٧٦٠ جزء بالمليون) وذلك اذا ما قورن بالترافرتين الحديث (السيليكا ٣٥ر٠٪، النحاس ٤٧ جزء بالمليون، واكسيد المنغنيز ٦٣ر٠٪ والسترونشيوم ٦٩٥٠ جزء بالمليون). و يبين جدول (١٣ـ١) قيم النظائر المستقرة للاوكسجين والكربون لثلاث عينات مختلفة من الترافرتين الحديث وعينة من الاراجونيت الحديث المترسب من البحر الميت، حيث يظهر تركيز النظائر المستقرة الثقيلة في اراجونيت البحر الميت نتيجة التبخر.

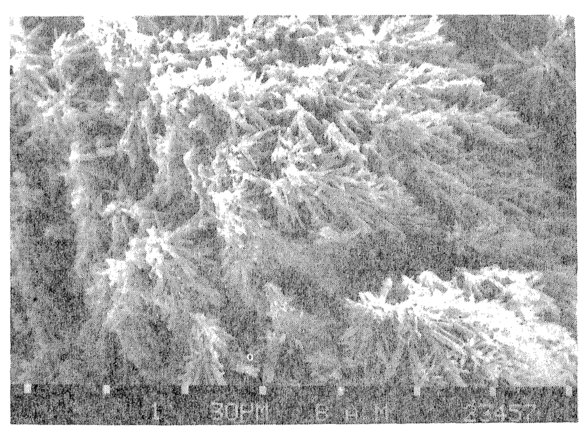
نشأة رواسب الترافرتين

يترسب الترافرتين (الكالسيت) من الينابيع عند خروجها الى سطح الأرض نتيجة فقدان ثاني اكسيد الكربون المذاب وذلك لانخفاض الحرارة والضغط المفاجىء حيث تصبح المياه اكثر قلوية. و يبين جدول (١٣ـ٢) التركيب الكيماوي للمياه الساخنة في منطقة الزرقاء ماعين حيث تظهر نسبة المنغنيز العالية نسبيا ٦٥ر٠ ملغم/لتر ونسبة كبريتيد الهيدروجين المنخفضة (٠٤ر٠ ملغم/لتر). وعند خروج المياه الساخنة من السطح تبدأ القلوية بالازدياد حيث أن المياه مشبعة بالنسبة لثاني اكسيد الكربون، و يترسب الاراجونيت وتنخفض الحرارة الى ٣٠ درجة مئوية وتزداد الدالة القلوية الى ٨ قبل الاختلاط مع مياه وادي الزرقاء ماعين الجارية والمشبعة بالنسبة لبيكربونات الكالسيوم، وتترسب معظم كربونات الكالسيوم على شكل كالسيت عالق في مجرى الزرقاء ماعين. وعند الالتقاء مع مياه البحر الميت المالحة يترسب الاراجونيت او الكالسيت على شكل طبقات رقيقة فيما بعد نتيجة التبخر من مياه البحر الميت. و يترسب الاراجونيت عادة عند ازدياد كميات التبخر خلال الفصول الدافئة و يتبادل مع الكالسيت المترسب خلال الفصول الباردة حيث يرتفع منسوب مياه البحر الميت و يقل تركيز الاملاح الذائبة.

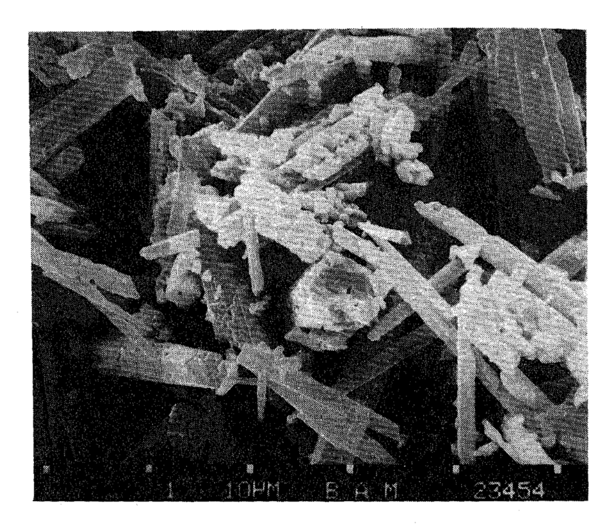
أما ترسيب الترافرتين القديم، فلقد تم من مياه ذات درجة حرارة أعلى وتركيز أعلى من الكالسيوم والبيكربونات والحديد، والمنغنيز. وهذا واضح من التركيب الكيماوي للترافرتين القديم. و يعتقد بأن المياه الساخنة القديمة كانت خالية من كبريتيد الهيدروجين. و يبين الجدول (١٣ـ٣) التركيب الكيماوي المفترض للمياه الساخنة القديمة[٤]



شكل ١٢ ـ ٣ صورة تحت المجهر الالكتروني الماسح لرواسب الترافرتين الحديث.



شكل ١٢ ـ ٤ صورة تحت المجهر الالكتروني الماسح لرواسب الترافرتين الحديث ذات الاشكال العنقودية والشعاعية.



شكل ١٣ ــ ٥ صورة تحت المجهر الألكتروني الماسح لبلورات أراجونيت سداسية كاذبة مكونة للترافرتين الحديث.

Khudeir, 1983;Salameh and Udluft,1984 (٩،٨،٧) ولقد قام كل من Khoury et. al, 1988 بدراسة خصائص النظائر المستقرة للكربون والاكسجين في Rimawi, 1980; Salameh and مياه المنطقة حيث تبين بأن هناك خلطاً للمياه المتبخرة من حوض الأزرق ومياه البحر على طول مستوى تماس المياه المالحة/ العذبة، وأن الماء المختلط يجد طريقه الى السطح خلال الصدوع والكسور في المنطقة على شكل ينابيع حارة. و يبين الجدول (١٣ ــ ٤) تركيب المياه الساخنة من العناصر المستقرة للكربون والأكسجين، و بمقارنة هذه النتائج بجدول رقم (١٣ ــ ١) تبين بأن هناك تركيزاً للأكسجين الثقيل في الاراجونيت. وهذا شيء طبيعي ناتج عن فقدان ثاني اكسيد الكربون الغني بالاوكسجين الخفيف. و يعتقد (٨) Khudeir, 1983 Salameh and بأن التدرج بالحرارة الأرضية في الماضي كان أعلى منه في الحاضر و يعزى ذلك الى حرارة الصخور النارية البازلتية المدفونة.

جدول (١٣ ـ ١) النظائر المستقرة في عينات الأراجونيت من مناطق الزرقاء ماعين والبحر الميت

رقم العينة	$\delta^{13}C$	$\delta^{18}O$
M1	+1.0	−10.1
M2	+1.1	−8.7
M6	+1.1	−8.6
DS	+2.7	+1.6

الاراجونيت من منطقة الزرقاء ـ ماعين = M

الاراجونيت من منطقة البحر الميت = DS

جدول (١٣ ـ ٢) التركيب الكيماوي لمياه الينابيع الحارة من منطقة الزرقاء ماعين [٤]

	mg/l	meq/l	meq %
Na^{+}	340	14.79	48.65
K^{+}	52	1.33	4.38
Mg^{2+}	64	5.26	17.32
Ca^{2+}	180	8.98	29.56
Fe^{2+}	0.02	0.001	0.01
Mn^{2+}	0.65	0.02	0.08
		30.39	100.00
Cl^{-}	680	19.18	63.04
Br^{-}	4.5	0.04	0.18
I^{-}	0.1	0.001	0.007
SO_4^{2-}	250	5.20	17.11
HCO_3^{-}	365	5.98	19.66
HS^{-}	0.02	0.001	0.006
المجموع	1936.3	30.42	100.00

جدول ١٣ ـ ٣ التركيب الكيماوي الفرضي
لمياه الينابيع الحارة القديمة من منطقة
الزرقاء ماعين [٤]

الكاتيونات	
Na^{+}	300 mg/1
K^{+}	50 mg/1
Mg^{2+}	100 mg/1
Ca^{2+}	500 mg/1
Mn^{2+}	10 mg/1
$Fe^{2/3+}$	20 mg/1
الانيونات :	
Cl^{-}	700 mg/1
SO_4^{2-}	300 mg/1
HCO_3^{-}	1700 mg/1
CO_2 الغاز الذائب	2500 mg/1

الترافرتين في خان الزبيب

يوجد الترافرتين في منطقة خان الزبيب ١٥ كم جنوب ضبعة، بالقرب من صدعين يتجهان شرق ـ غرب وشمال شمال غرب ـ جنوب جنوب شرق حيث يتكون من الكالسيت المترسب على شكل أشرطة متموجة من الينابيع الحارة التي كانت نشطة في عصر البلايستوسين على طول مناطق التصدع [١] (Barjous, 1986). ولقد قام [٢] and Rosch 1982 Heimbach بدراسة الترافرتين من منطقة خان الزبيب حيث ذكرا وجود معدن الفولكونسكويت بالاضافة الى الكوارتز المكون الأساسي للترافرتين الذي يبدو في عملية احلال للمكون الأصلي الكالسيت. توجد معادن أخرى جانبية مثل الأو بال ـ سي تي والكاليست والباريت. ونتيجة لأهمية الفولكونسكويت قام المؤلف [٤] Khoury et al, 1984 بدراسته من الناحيتين الكيماوية والمعدنية حيث تبين بأنه معدن خال من الحديد وهو نوعية جديدة من مجموعة السميكتيت يصنف بين مجموعتي السميكتيت الثنائية والثلاثية. و يوجد هذا المعدن

كما ذكر سابقاً مصاحباً لمجموعات المعادن ذات درجة الحرارة المنخفضة في مناطق ضبعة والمقارن. و يبين الجدول (١٣ ـ ٥) التركيب الكيماوي لمعدن الفولكونسكو يت الأردني مقارنة بالفولكونسكو يت الروسي (٤)(Khoury, et al, 1984) وفي دراسة حديثة قام بها المؤلف (٥)(Khoury and Graetsch, 1989) تبين بأن السيليكا التي تحل محل الكالسيت في الترافرتين هي من النوع أوبال ـ سي تي و لونالايت وكالسيدوني. و يبين الشكل (١٣ ـ ٦) أنواع السيليكا المختلفة في ترافرتين خان الزبيب التي تأخذ اللون الأخضر أيضا لوجود الكروم على شكل شوائب.

جدول (١٣ ـ ٤) تركيز النظائر المستقرة في مياه الينابيع الحارة
من منطقة الزرقاء ماعين

	δD	$\delta^{18}O$	T.U.
1	−32.1	−4.29	
2	−32.4	−4.21	
3	−31.7	−4.21	
4	−31.5	−4.00	
5	−32.3	−4.27	
6	−31.9	−4.24	
7	−31.5	−4.42	
8	−32.4	−4.34	
9	−31.4	−4.06	
10	−31.5	−3.97	
11	−34.2	−4.19	0.2±0.07
12	−32.0	−4.00	0.7±0.06
13	−33.9	−4.09	0.2±0.07
14	−34.9	−4.12	0.0±0.09

جدول (١٣ - ٥) التركيب الكيماوي لمعدن الفولكونسكويت الأردني والروسي [٣]

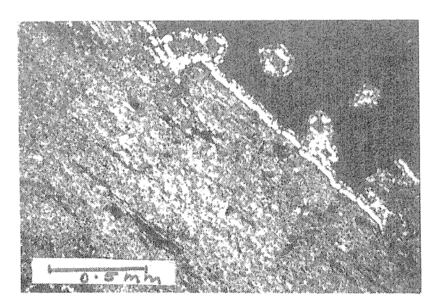
	1a	1b	1c	2a	2b	2c
SiO_2	57.73	55.15	42.27	37.70	37.14	42.08
TiO_2	0.00	0.00	--	0.06	--	--
Al_2O_4	2.15	1.79	2.95	4.93	4.33	7.36
Fe_2O_3	0.00	0.09	--	4.89	5.97	2.26
Cr_2O_3	11.68	10.37	16.05	23.50	22.77	17.94
MnO	n.d.	0.03	--	0.36	--	0.03
CaO	2.10	2.07	2.88	2.45	2.77	3.40
MgO	7.05	6.19	9.68	6.79	4.09	6.58
K_2O	0.02	0.02	0.03	0.10	--	--
Na_2O	n.d.	0.19	--	n.d.	--	--
H_2O	18.38	23.80	25.25	20.19	22.91	20.10
	—	—	—	—	—	—
	99.11	99.70	99.11	100.97	100.00	99.75
CEC	70 mEq/100 g	--	--	84 mEq/100g	--	--

1 a,b,c تحاليل كيماوية للعينة نفسها في اماكن مختلفة (الفولكونسكويت الأردني).

2 a,b,c تحاليل كيماوية لعينات مختلفة من الفولكونسكويت الروسي.

نشأة الترافرتين في خان الزبيب

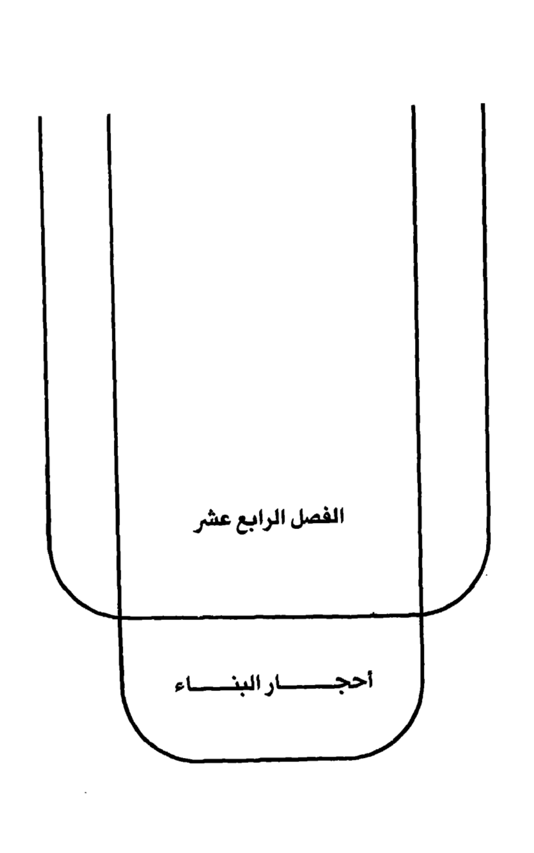
يوجد الترافرتين في خان الزبيب على سطح الأرض و يعلو صخور الرخام الملونة التي نوقشت في فصل سابق. وكما يبدو من طبيعة ترسب الترافرتين فان المياه الساخنة الصاعدة من خلال نطاقات التصدع في المنطقة هي المسؤولة عن ترسبات كربونات الكالسيوم في البداية ثم السيليكا والفولكونسكو يت والبارايت في وقت لاحق. وكما هو معروف فان صخور الرخام وصخور الحجر الجيري البيتوميني الملونة في المنطقة غنية بالعناصر الثقيلة المختلفة مثل الكروم، و بالتالي فان عملية استخراج مثل هذه العناصر بواسطة المحاليل الصاعدة وترسيبها مرة أخرى مع الترافرتين هي العملية المعقولة التي تفسر تركيز الكروم في معادن الفولكونسكو يت والأو بال ـ سي تي. وكما ذكر في فصل سابق فان الفولكونسكو يت والأو بال ـ سي تي موجودة أيضا مع الرخام الملون.



شكل ١٣ ـ ٦ صورة مجهرية للترافرتين من خان الزبيب حيث يظهر الاو بال ـ سي تي كمكون أساسي و يبدو معدن لونالايت (ابيض) محيطا من الخارج بمعدن الكالسيدوني.

References

1. Barjous., 1986: The geology of Siwaqa, map sheet No. 3252 IV, Bull. 4, N.R.A. Amman. 7op.
2. Heimbach, W., and Rösch, H., 1982: Zum vorkommen von Wolchonskoit, einem Cr-Montmorillonit aus dem Hangenden der Mottled Zone Zentraljordaniens. Geol. Jb., B45: 21-30.
3. Khoury, H., Mackenzie, R., Russell, J. and Tait, J. 1984, An iron free volkonskoite., Clay Mins., 19:43-5.
4. Khoury, H., Salameh, E., Udluft, P., 1984: On the Zerka Main travertine/Dead Sea., N. Jb. Geol. Palaont. Mh., 8:472-484.
5. Khoury, H., and graetsch, H., 1989: Mineralogy and petrography of some opaline phases from Jordan, In Press.
6. NRA, 1981: Mineral occurrences in Jordan, N.R.A. Internal Report.
7. Rimawi, O., 1980: Geochemistry and isotope hydrogeology of the thermal springs along the eastern side of the Jordan, Dead Sea. M.Sc. Thesis., U of Jordan, Amman.
8. Salameh, E., Khudeir, K., 1983: Thermal water system in Jordan., N. Jb. Geol. Palaont. Mh., 4:249-256.
9. Salameh, E., and Udluft, p., 1984: Hydrodynamic pattern of the central part of Jordan., Geol. Jb., C38:39-53.



الفصل الرابع عشر

أحجـــــار البنـــــاء

أحجـــــار البنــــاء

استعملت أحجار البناء الجيرية والبازلتية والرملية الصلبة في الاردن منذ القدم حيث لا تزال بقايا القلاع الرومانية والإسلامية منتشرة في كل مكان من الاردن من شمالية الى جنوبية. و يستعمل حاليا في الاردن الحجر الجيري الواسع الانتشار وخاصة في وحدة الحجر الجيري الكتلي التابعة للعصر الطباشيري الأعلى في أغراض البناء ولأغراض صناعة الاسمنت في الفحيص والرشادية. و يستعمل أيضا الرمل من وحدة الحجر الرملي الكرنبي التابع للعصر الطباشيري الأسفل والحصى من الوديان لأغراض البناء المختلفة. وكذلك يستعمل الحجر الخفاف ومواد الصخور البركانية من شمال شرقي الأردن والجرانيت من منطقة العقبة في الاغراض الصناعية والبنائية. وهناك احتياطي هائل جدا من أحجار البناء في الأردن تغطي كافة ارجاء المملكة وتحتاج الى دراسات وتطبيقات عملية في المجالات المختلفة. وفي تقارير قدمت من الجمعية العلمية الملكية تم تحديد خصائص حجر البناء الأردني (١، ٢) (قاقيش ١٩٨٦، الشريف وقاقيش، ١٩٨٣). الا ان البحوث المستمرة على المصادر الطبيعية لاحجار البناء هي من المتطلبات الاساسية لتحسين الانشاءات والطرق لما فيه خير للوطن.

١. حجر البناء الأردني :

يستخرج حجر البناء الاردني من مناطق معان وعجلون وخو بالقرب من مثلث الازرق والمنيفة بالقرب من خو والموقر وار بد ووادي البطم شرق الموقر والازرق. و يعتبر حجر البناء الأردني بشكل عام من أفضل أحجار البناء في العالم وخاصة من حيث الوزن النوعي العالي وانخفاض نسبة امتصاصها للماء وقوة تحملها العالية. وهناك تدرجات مختلفة بالنسبة لخواص أحجار البناء حيث أن أفضلها هو المستخرج من مناطق معان وعجلون وخو. ومما يؤثر عادة على تدني نوعية حجر البناء وجود الشقوق والفواصل والجيوب والمتحجرات والجيوب الرملية والطينية والعروق المملوءة بمعادن ثانو ية مثل الكالسيت والكوارتز.

و يستعمل الحجر الجيري المستخرج أيضا كدبش أوكحصى متعدد الاحجام للفرشيات والخلطات الخرسانية والاسفلتية. و يمتاز الحجر الجيري بأنه جيد ومتماسك بالاسمنت والاسفلت. و يجب عدم استخدام الركام المكسر ذي الوزن النوعي المنخفض ودرجة الامتصاص العالية للماء.

٢. الركـــــام :

واضافة الى الحصى متعدد الاحجام الناتج عن عملية تكسير الحجر الجيري في المحاجر، يوجد ركام الوديان في الأردن في مناطق عديدة وخاصة في منطقة الغور و وديان شمال الاردن ومعان والمدورة والزرقاء. و يتميز ركام الوديان باحتوائه على حجوم مدرجة ومتعددة، و يوجد نسب قليلة من الصوان الذي يعتبر مصدراً للقلو يات غير المرغو بة في الخلطات الاسمنتية. كما و يمتاز بارتفاع وزنه النوعي وانخفاض درجة امتصاصه للماء

ومقاومته للتآكل. ومما يجدر ذكره أن سطح ركام الوديان الأملس يقلل من درجات التماسك مع الخلطات الاسمنتية والاسفلتية. و يوجد في جنوبي الأردن وفي المناطق المحيطة بالعقبة وخاصة في وادي اليتم الركام الجرانيتي الذي يوجد بشكل مفتت وله الوان متعددة يطغى عليها اللون الوردي وذلك لارتفاع نسبة الفيلد سبار. و يتميز هذا الركام بصلابته العالية ومقاومتة العالية للتآكل، و يمكن استخدام مثل هذا الركام في الخلطات الاسمنتية والاسفلتية. ولقد قامت الجمعية العلمية الملكية بعمل واجهات خرسانية ذات سطوح تظهر اللون الجميل للركام الجرانيتي.

وتغطي مناطق شمال شرقي الأردن مساحات شاسعة من الصخور البركانية البازلتية الصلبة والمتفككة على شكل قطع صخرية خفيفة تعرف بالسكوريا أو الحزريا. و يمكن استخدام الركام الناتج عن تكسير البازلت المتميز باللون الأسود والصلابة العالية والوزن النوعي العالي ودرجة الامتصاص الضئيلة في أعمال الخلطات الاسمنتية والاسفلتية. و يمكن تحضير أنواع معينة من الخلطات الخرسانية والاسفلتية ذات درجات التحمل العالي. وتعتبر عملية تكسير هذه الصخور عملية صعبة الا أنه يمكن استخدام نواتج تكسير الصخور البازلتية الفائضة وغير المرغوبة في صناعة الصوف الصخري في الأردن لأعمال الانشاءات والطرق. اما ركام السكوريا (الحزريا) فيتميز بوزنه النوعي القليل الذي يصل الى ١٫٤ ودرجة الامتصاص العالي ومقاومته المنخفضة للتآكل مما يؤدي الى عدم صلاحيته للاستخدام في أعمال الانشاءات والطرق، ولكن يمكن استخدامه لتحضير نوع معين من الخرسانة الخفيفة. و يحضر حاليا نوع خاص من الاسمنت البوزولاني المقاوم للاملاح من خلط نسبة معينة من السكوريا المطحونة مع الاسمنت البورتلندي.

٣ . الحجر الرملـــــي :

تعتبر وحدة الحجر الرملي الكرنبي (الطباشيري الأسفل) هي المصدر الأساسي للرمل المستخدم في اعمال البناء، وتنتشر المحاجر في مناطق العقبة وماحص لاغراض استخراج الرمل لأغراض الخلطات الاسمنتية. يوجد الرمل الابيض النقي على شكل طبقات متبادلة مع الرمل متعدد الألوان (الغني باكاسيد الحديد) والكاولينيت. و يجب التركيز على استخراج الرمل الابيض النقي لاغراض البناء وذلك للحصول على نتائج أفضل للخلطات الاسمنتية من حيث زيادة درجات المقاومة والتحمل. ومن الجدير بالذكر أن الرمل الأبيض موجود في منطقة رأس النقب وقاع الديسي في كميات لا حصر لها و يمكن استخدامها كمكون أساسي للخلطات الاسمنتية الخاصة.

٤ . أحجـــار الزينة :

توجد في مناطق الأردن كافة صخور عديدة ذات طبيعة جمالية يمكن استخدامها كأحجار للزينة وذلك بعد قطعها وصقلها. فالحجر الجيري المتبلور وناعم البلورات القاسي في

عجلون والدولومايت في رأس النقب (الطباشيري العلوي) والصخور النارية المختلفة في الجنوب التي يطغى عليها نوع الجرانيتي ما هي الا امثلة على وجود كميات كبيرة من هذه الصخور التي يمكن استخدامها كأحجار مصقولة للزينة.

٥ . أحجـــار الصناعـــة :

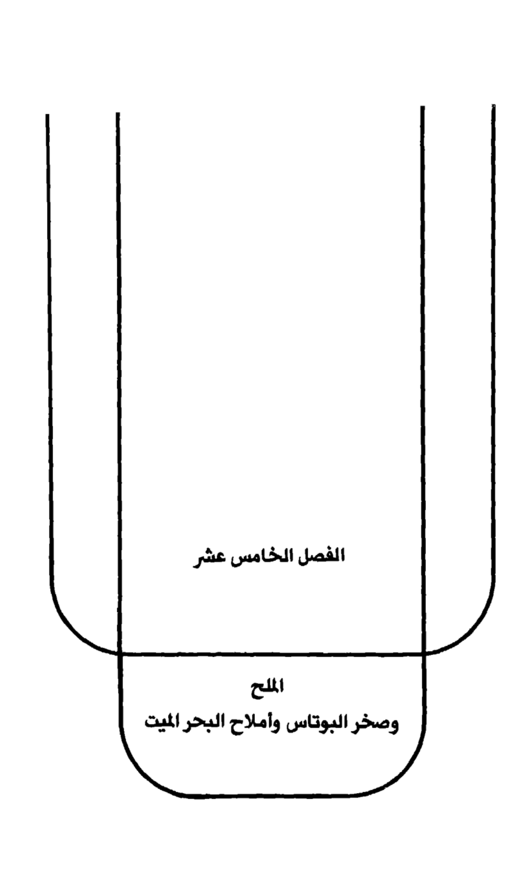
يتميز الاردن بوجود الصخور الصناعية العديدة. وتعتبر الصخور في الاردن بانواعها وأعمارها المختلفة ثروة حقيقية. فالصناعات الحالية القائمة على استخراج بعض هذه الصخور والتي تتعدى استخدامها كأحجار للبناء أو كخلطات اسمنتية أو اسفلتية هي صناعات الاسمنت والخزف والصوف الصخري والزجاج وكربونات الكالسيوم. وهذه الصناعات هي امثلة بسيطة على استخدام بعض المصادر الصخرية الهائلة الموجودة في الاردن.

ان الأبحاث التطبيقية على استخدام مثل هذه الصخور في الصناعة هي ضرورة حتمية من أجل مستقبل أفضل تشارك فيه مصادر الثروة المعدنية المحلية مباشرة لما فيه خير هذا البلد.

المراجع

١. الشريف، روحي ومنير قاقيش، ١٩٨٣، خواص الحجر الجيري كحجر بناء وحصى في الاردن، الجمعية العلمية الملكية، عمان.

٢. قاقيش نزار، ١٩٨٦ : خصائص حجر البناء الاردني، الجمعية العلمية الملكية، عمان.



الفصل الخامس عشر

الملح
وصخر البوتاس وأملاح البحر الميت

الملح وصخر البوتاس وأملاح البحر الميت

يتميز البحر الميت بأنه مستودع ضخم لثروات معدنية هامة على شكل أملاح ذائبة أو صخور ملحية على أطرافه أو أعماقه، وهو مختلف عن البيئات البحرية الأخرى. وتعتبر الاملاح الذائبة ثروة معدنية ذات أهمية أقتصادية حيث تتركز كلوريدات البوتاسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والكالسيوم وكذلك بروميداتها وكبريتاتها، اضافة الى بعض العناصر النادرة مثل الليثيوم والسيزيوم والمياه الثقيلة. و يضم البحر الميت أيضا صخوراً ملحية لا تقل أهمية عن الاملاح المذكورة اعلاه.

وتقوم شركة البوتاس العربية حاليا باستثمار املاح البحر الميت حيث تساهم في إغناء الثروة الوطنية. ولقد بدأ الانتاج التجريبي من مادة كلوريد البوتاسيوم عام ١٩٨٢، وتدرج الانتاج حتى تجاوز في عام ١٩٨٧ (٢ر١) مليون طن. و يعتبر الأردن من أهم منتجي البوتاس في العالم بعد الاتحاد السوفياتي وكندا وألمانيا الغربية وفرنسا. و يوجد البوتاس أيضا على شكل ملح صخري في وسط منطقة اللسان حيث تغطي مساحة ٣٥كم٢، وتدل دراسة الآبار التي حفرت من قبل سلطة المصادر الطبيعية على وجود أربع نطاقات من البوتاس (أكسيد البوتاسيوم = ١٣٪) على اعماق تتراوح من ٣٠٠ ــ ٦٠٠ و بسماكات تتراوح بين ٢ ــ٨م.

نبذة عن البحر الميت :

البحر الميت و بحيرة لوط و بحيرة زغر والبحيرة المقلوبة و بحيرة الملح والبحر النتن و بحر عربة و بحر الاسفلت و بحر سدوم، كلها أسماء واحدة البحر نفسه (١) والذي وصف بالميت منذ عهد اليونانيين القدامى بسبب التركيز العالي للاملاح وغياب صورة الحياة في مياهه. ولقد كانت منطقة البحر الميت مسكونة منذ القدم حيث تعاقبت عليها الحضارات.
ودلت خريطة الفسيفساء التي اكتشفت في مأدبا و يرجع تاريخها الى ٥٦٠ م على ان البحر الميت لم يكن يضم سوى الحوض الشمالي، وأن تلك الفترة كانت أكثر جفافا من الوقت الحاضر. والبحر الميت أكثر بقاع العالم انخفاضا وملوحة، وكان يغطي حتى نهاية الخمسينات مساحة مقدارها ١١٠١كم٢ مع منسوب ٣٩٥ مترا تحت سطح البحر. و ينقسم البحر الميت الى حوضين شمالي وجنوبي تفصل بينهما شبه جزيرة اللسان. والحوض الشمالي اكبر مساحة واكبر عمقا من الحوض الجنوبي اذ تبلغ مساحته ٧٥٧كم٢ و يصل عمقه الى نحو ٤٠٠ م في حين تبلغ مساحة الحوض الجنوبي حوالي ٢٤٣كم٢ ولا يزيد عمقه عن بضعة أمتار. و يبين شكل (١٥ ــ ١) خريطة للبحر الميت تبين أعماق المياه. ولقد بلغت مساحة البحر الميت عام ١٩٨٦ حوالي ٧٥٠كم٢ وطوله ٥٥ كم وعرضه ٥ر١٤كم عندما اصبح سطحه ٤٠٤ م تحت سطح البحر وذلك بسبب جفاف الحوض الجنوبي من البحر الميت، ان اهم العوامل التي تسبب انحسار مياه البحر الميت هي المناخ الجاف والحار ومشاريع ري الأراضي. و يبلغ معدل تبخر المياه السنوي من البحر الميت ٧ر١ بليون طن من الماء، أما مشاريع الاراضي من

حيث اقامة السدود، فلقد ادت الى الانحسار التدريجي للمياه بمعدل ٧٥سم في السنة. و يصب نهر الاردن والوديان المجاررة (الموجب وزرقاء ماعين وابن حماد والكرك والحسا...) مباشرة في البحر الميت اضافة الى مياه الامطار التي تتجمع وتتدفق عليه من المرتفعات المحيطة. والبحر الميت ليس ميتا تماما حيث أثبت العلماء وجود بعض أنواع البكتيريا التي تتميز بقدرتها على التكييف في الوسط المالح. وأثبتت تجربة علمية، جرت في عام ١٩٨٠ بأن عدد الخلايا الحية قد وصل الى ١٩ مليون خلية في المليمتر الواحد من سطحه.

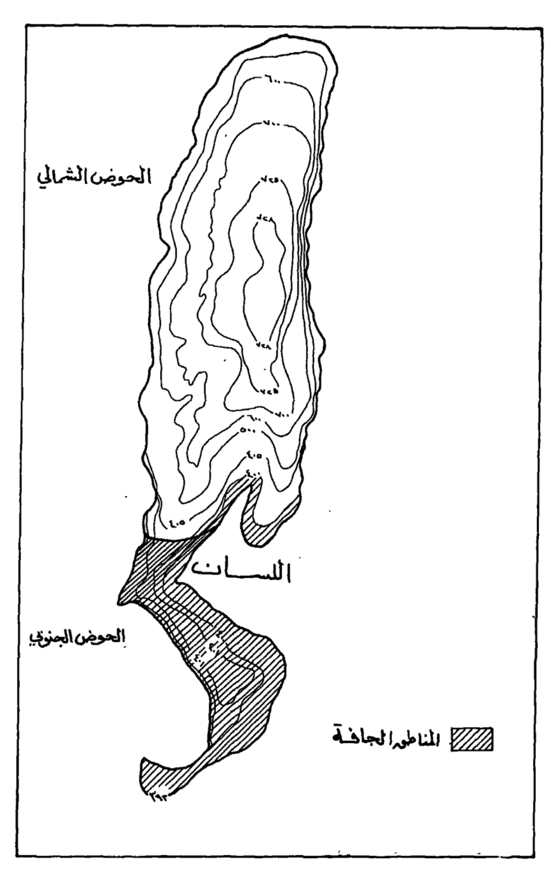
جيولوجية البحر الميت :

لقد استعرض (١) Abed 1985 جيولوجية البحر الميت من حيث نشأته ومياهه وأملاحه وقناة البحرين، وأعطى جميع المعلومات المتوافرة حول هذا الموضوع. وتتكشف صخور ما قبل الكامبري والكامبري والترياسي والكريتاسي والايوسين وميوسين و بليوسين. وتعتبر هذه الصخور آخر ما ترسب قبل أن يبدأ أخدود الغور بالتشكل قبل ٢٦ مليون سنة. ولقد تكونت بحيرات مالحة أو شبه مالحة أو عذبة في منطقة الأغوار رسبت طبقات سميكة من الملح الصخري (تكو ين أصدم) تبعها على التوالي رواسب نهرية و بحرية (تكو ين الشاغور وغور الكتار). ولقد تمت هذه الترسبات في العصر ميوسين – بليوسين تبعها ترسبات نهرية و بحيرية وتبخرية في العصر البلايستوسين (تكو ينات ابو هابيل وحصاء كفرنجة والسمرة واللسان ودامية) وتظهر رسو بيات البحر الميت في العصر الحديث منذ أحد عشر الف سنة.

أما عن نشأة البحر الميت وغور الأردن فهناك نظريتان رئيسيتان وهما نظرية الحركة العمودية ونظرية الحركة الأفقية، وعلى أية حال فان نظرية تكتونية الصفائح وتكو ين الأخدود العربي الافريقي الذي يمتد من شمال سوريا عبر سهل البقاع الى نهر الاردن فالبحر الاحمر الى هضبة البحيرات في افريقيا ادى الى فصل قارتي آسيا وافريقيا عن بعضهما منذ حوالي ٢٥ مليون سنة. وهنالك حركة مستمرة نحو الشمال الشرقي منذ عشرة ملايين سنة أدت الى تمدد الطبقات الارضية وهبوطها وتشكيل الاحواض المنفصلة ومنها البحر الميت و بحيرتا طبرية والحولة. ولقد كانت البحيرة الاولى المالحة (اصدم) منذ حوالي ٢٥ مليون سنة (الميوسين) هي المسؤولة عن رواسب المتبخرات (٤٠٠٠ م). وتدل الصخور الملحية على أن بحيرة أصدم كانت متصلة مع البحر الابيض المتوسط الى ان تغير المناخ وتكونت بحيرة عذبة (السمرة) ازدادت ملوحتها مع الوقت نتيجة التبخر العالي (اللسان) حيث كانت تغطي مناطق الاغوار، واستمرت هذه البحيرة بالجفاف الى أن تحولت الى البحر الميت الحالي قبل حوالي أحد عشر ألف سنة.

الخواص الكيماو ية للبحر الميت :

لقد استعرض (٢،٣) Gharibeh, 1981و Al Sbaeay, 1987 الكثير من الابحاث التي كتبت حول كيماو ية البحر الميت ونشأة أملاحه، و يحتوي اللتر الواحد من مياه البحر الميت على حوالي ٣٤٠ غم من الاملاح، وتشكل مجموع أوزان الاملاح في البحر الميت حوالي ٤٣



شكل ١٥ ـ ١ خريطة البحر الميت، تبين اعماق النقاط المختلفة.

بليون طن، و يحتوي البحر الميت على تجمع فريد من املاح الكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم والبروم والكلوريدات إضافة الى مجموعة من العناصر الشحيحة مثل السترونشيوم والليثيوم والمنغنيز والحديد والكو بالت والكادميوم والرصاص والزنك والنيكل واليورانيوم واليود. و يبين الجدولان (١٥ ــ١، ١٥ ــ٢) النسب المئوية الوزنية للأملاح الرئيسة الموجودة في مياه البحر الميت[٦] (عمارين وشرايحة، ١٩٨٦) والعناصر الشحيحة في مياه البحر الميت[٥] (Nissenbaum, 1977). و يتميز البحر الميت عن غيره من بحار العالم بالتركيز العالي لعناصر الكالسيوم والكلور والبروم وتدني نسبة الصوديوم الى البوتاسيوم (٦ر٤) والكبريتات وانعدام الكربونات[١] (Abed, 1985). وتزداد كمية الصوديوم والبوتاسيوم والمغنيسيوم والبروم جنو باً، و يبدو أن ذلك ناتج عن ازدياد عمليات التبخر في هذا الاتجاه. اما الكبريتات فان تركيزها ينقص جنو با وذلك بسبب ترسب الجبس، أما البايكر بونات فانها تزداد باتجاه الجنوب في فصل الر بيع وتخضع كمياتها لترسيب الاراجونيت. أما عموديا فتوزع العناصر الى ثلاث مجموعات (جدول ١٥ ــ٣) حيث تزداد نسبة المغنسيوم والبوتاسيوم والبروم على عمق ٤٠ م بينما ينقص الصوديوم عند هذه النقطة في حين تنقص الكبريتات والبايكر بونات من تلك النقطة نحو الأعماق[١] (Abed, 1985)، اما العناصر الشحيحة فنجد أن بعضها عالي التركيز بالنسبة للبحار المفتوحة مثل البروم والرصاص والليثيوم والمنغنيز والنحاس والكو بالت والنيكل والسترونشيوم والكادميوم والزنك و بعضها الآخر قليل التركيز نسبيا مثل اليورانيوم واليود والحديد. وهنالك اعتقاد بأن محاليل البحر الميت تعود في أصلها الى مياه البحر العادية (بحر التيثس) التي جرى تركيزها وزيادة ملوحتها نتيجة لعمليات التبخر[٣] (Gharibeh, 1981). أما الاعتقاد السائد عن مصادر الأملاح في البحر الميت فهو أن مياه نهر الاردن والوديان والينابيع المالحة والامطار المحمولة بالرياح الغربية قد ساهمت في تركيز هذه الاملاح. ولقد ساعدت النشاطات البركانية والمواد الاسفلتية الموجودة في المنطقة الى تركيز بعض العناصر مثل البروم. ولقد ساعد الانتشار الايوني في زيادة الملوحة والحرارة والكثافة في وحدة المياه الانتقالية بين ٤٠ م و١٠٠ م نحو الأسفل حتى تصل الى الوحدة المائية العميقة التي تتوزع فيها الملوحة والكثافة والحرارة بشكل منتظم[١] (Abed, 1985). و يبين الجدول (١٥ ــ٤) الملوحة وكمية الاملاح في البحر الميت في الاعماق المختلفة.

انتاج البوتاس:

يعتمد انتاج البوتاس على محلول البحر الميت الغني بالأملاح وعلى الطاقة الشمسية، و يحتوي محلول البحر الميت على ٢ر١٪ من كلوريد البوتاسيوم المذاب. وخلال العمليات في الملاحات الشمسية وفي المصفاة يتم تحو يل هذه النسبة الى ٥ر٩٧٪ و يتم ذلك بتركيز المحلول في الملاحات الشمسية على شكل كارنلايت $KCl.\ MgCl_2.\ 6H_2O$ وتتم معالجة الكارنلايت المحصود في المصفاة حيث يذاب كلوريد المغنيسيوم و يبقى كلوريد البوتاسيوم وكلوريد

جدول (١٥ ــ ١) النسب المئوية الوزنية للأملاح الرئيسية الموجودة في مياه البحر الميت (٦).

اسم المركب	النسبة المئوية الوزنية
كلوريد الصوديوم	٧ر٦٥
كلوريد البوتاسيوم (البوتاس)	١ر٠٣
كلوريد المغنيسيوم	١٣ر٧٦
بروميد المغنيسيوم	٠٠ر٤٨
كلوريد الكالسيوم	٠٣ر٨٠
مـــاء	٧٣ر٢٨

جدول ١٥ ــ ٢ العناصر الشحيحة في مياه البحر الميت (ملغم / لتر) (٥)

المكان	الزمان	Sr سترتشيوم	Li ليثيوم	Mn منجنيز	Fe حديد	Co كوبالت	Cd كادميوم	Pb رصاص	Zn زنك	Ni نيكل	U يورانيوم	I يود
الكتلة المائية العليا (أقل من ٤٠ م)												
مسعدة	شتاء	٢٨٥٠٠٠	١٦٣٠٠	٣٩٠٠	١٢	٨	٢٤	١٩٨	٢٧١	٢٥		
مسعدة	صيف	٣٢٣٠٠٠	١٩٤٠٠	٥١٠٠	١٥	٩	٧	٥١٠	٥٢٠	٢٢	٢ر٤٨	
عين جدي	صيف	٣٠٨٠٠٠	١٧٥٠٠	٣١٠٠	١٧	٧	٧	٢٤٥	٥٣٧	٢٣	٢ر٥٠	٨٢
عين جدي	صيف	٣١٨٠٠٠	١٨٤٠٠	٣٦٠٠	١٢	٧	٥	١٨٩	٥١٠	٢٨		٨٤
الكتلة المائية السفلى (أعمق من ٨٠م)												
مسعدة	شتاء	٣٢٥٠٠٠	١٩٦٠٠	٦٣٠٠	١٥	٨	٦	١٢٨	١٦٧	٦		
مسعدة	صيف	٣٢٥٠٠٠	١٩٧٠٠	٦٨٠٠	١٢	١١	٧	١٢٣	٥٩١	٢٣		
عين جدي	صيف	٣٢٣٠٠٠	١٩٧٠٠	٧١٠٠	٩	٦	٤	١٢٩	٥٣٧	١٣	١ر٣٢	١١٦
عين جدي	صيف	٣٣٠٠٠	٢١١٠٠	٨١٠٠	٩	٧	٣	٤٨	٤١٣	٨	١ر٢٧	١٢١

جدول ١٥ ـ ٣ كميات الايونات الرئيسية المذابة في مياه البحر الميت
(مقاسة بالاف ملايين الاطنان = بلايين الاطنان)[1]

الوحدات المائية	الحجم كم³	العمق م	كاليسوم	مغنيسوم	صوديوم	بوتاسيوم	كلور	بروم	كبريتات	بايكربونات	المجموع
الكتلة المائية العليا	٢٨	٠ ـ ٤٠	٠,٤٥٩	١,٠١٢	١,٠٧٨	٠,١٨٢	٥,٥١٤	٠,١٢٩	٠,٠١٦	٠,٠٠٦	٨,٣٩٦
الكتلة الانتقالية	٣٢	٤٠ ـ ١٠٠	٠,٥٣١	١,٢٩٨	١,٢٣١	٠,٢٢٩	٦,٧٤١	٠,١٦٥	٠,٠١٦	٠,٠٠٧	١٠,٢١٨
الكتلة العميقة	٧٨	١٠٠ـ٤٠٠	١,٣٠٦	٣,٢٢٥	٣,٠١٧	٠,٥٧٧	١٦,٦٦٣	٠,٤٠٠	٠,٠٣٢	٠,٠١٧	٢٥,٢٣٧
البحر الميت جميعه	١٣٦	٠ ـ ٤٠٠	٢,٢٩٦	٥,٥٣٥	٥,٣٢٦	٠,٩٨٨	٢٨,٩١٨	٠,٦٩٤	٠,٦٤	٠,٠٣٠	٤٣,٨٥١

جدول ١٥ ـ ٤ الملوحة وكمية الأملاح في البحر الميت في الكتل المائية (٤).

	معدل الملوحة غم / لتر	مدى العمق (م)	الحجم (كم)٣	وزن الأملاح (ألف مليون طن)
الكتلة المائية العليا	٢٩٩ر٩	٥ ـ ٤٠	٢٨	٨ر٤
الكتلة المائية السفلى				
الوحدة الانتقالية	٣١٩ر٣	٤٠ ـ ١٠٠	٣٢	١٠ر٢
الوحدة العميقة	٣٣٢ر١	١٠٠ ـ ٤٠٠	٧٦	٢٥ر٢
مياه البحر الميت جميعها	٣٢٢ر١	صفر ـ ٤٠٠	١٣٦	٤٣ر٨

الصوديوم بشكل صلب (السلفانيت NaC1 + KC1) وتتم معالجة السلفانيت وفصل كلوريد البوتاسيوم المشبع وبلورته وتجفيفه على شكل نقي، وتكون نسبة نقاوة البوتاس حوالي ٩٨٪ أي ما يعادل ٦١ر٥٪ اكسيد البوتاسيوم.

انتاج ملح الطعام من البحر الميت :

يوجد ملح الطعام في مياه البحر الميت مذابا بكميات هائلة تصل بالوزن الى ٧ر٦٪ وهو من النواتج الثانوية من مشروع البوتاس، وتصل نسبة كلوريد الصوديوم على أساس جاف لملح الطعام الى ٩٩ر٦٥٪ وذلك بعد التركيز (عمارين وشرايحة ١٩٨٥). ولقد بلغ انتاج شركة البوتاس من ملح الطعام ما يزيد على ١٨ الف طن.

مشاريع مستقبلية :

تقوم شركة البوتاس بالتعاون مع مجمع الصناعات الكيماوية بدراسات مستفيضة لأغراض اجراء صناعات أخرى تعتمد على أملاح البحر الميت مثل مشروع الصودا آش (كربونات الصوديوم) ومشروع كبريتات البوتاسيوم ومشروع البرومين ومشتقاته (بروميد الكالسيوم، تترابرومو بزمينول، اثيلين داي برومايد) ومشروع اكسيد المغنيسيوم ومشروع استخلاص العناصر الشحيحة مثل الليثيوم والسترونشيوم. ولا تقتصر أهمية البحر الميت على الاملاح المذابة بل تتعدى ذلك الى كون البحر الميت ثروة سياحية ومصدراً للطاقة حين يمكن الاستفادة من مياهه في الاستشفاء وصناعة المواد التجميلية، والى توليد الطاقة بطريقة البرك الشمسية. و يجب الاشارة هنا الى أن هناك أبحاثا عديدة أجريت على البحر الميت منذ عام ١٩٥٠ تزيد على الألف وتغطي المواضيع الجيولوجية والبيئية والكيماوية كافة.

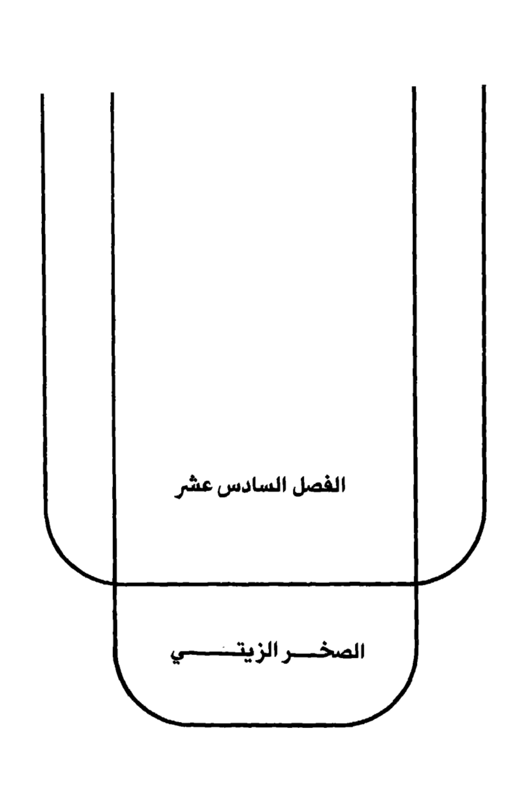
ملح الطعام من الأزرق :

يستخرج ملح الطعام من منطقة حوض الأزرق وذلك بضخ المياه المالحة من تحت سطح الأرض الى أحواض صغيرة حيت تترك حتى تتبخر المياه بواسطة الطاقة الشمسية. وتجمع الاملاح بعد جفافها للأغراض التسو يقية. ولقد بلغ الانتاج عام ١٩٨٥ حوالي ٣٠ر٠٠٠ طن.

References

1. Abed, A., 1985: Geology of the Dead Sea; waters, salts and evolution. Dar Al Arqam, Amman.
2. Al-Sbaeay, I., 1987: Dead Sea water geochemistry., M.Sc. thesis, University of Jordan, Amman.
3. Gharibeh, E., 1981: The geochemistry of the Dead Sea. The Fourth Arab Mineral Resources Conference. Amman.
4. Neev, D., and Emery, K., 1967: The Dead Sea., Geol. Survey of Israel., Bull., 41: 147 p.
5. Nissenbaum., A., 1977: Minor and trace elements in the Dead Sea Water, Chemical Geology, 19:99-1.

٦. عمارين، عوني وخالد شرايحة، ١٩٨٦ : املاح البحر الميت : مخزونها واستخلاصها واستعمالاتها. ندوة الملح في الوطن العربي، عمان.



الفصل السادس عشر

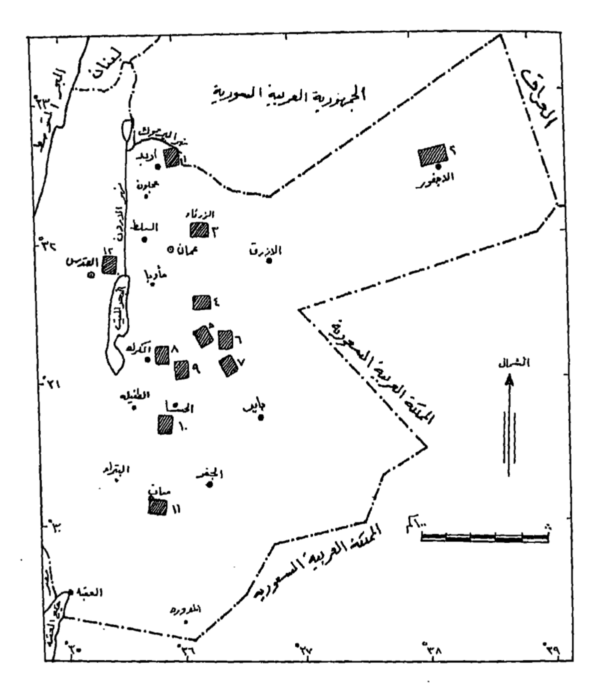
الصخـــر الزيتـــي

الصخـــر الزيتــــي

يعد الصخر الزيتي أحد مصادر الطاقة المتوافرة في الأردن بكميات كبيرة تقدر بخمسين بليون طن تكفي لسد حاجات الأردن للألف سنة قادمة. وهي تمتاز بقربها من سطح الأرض مما يسهل عمليات التعدين المكشوف. والصخر الزيتي معروف منذ زمن بعيد، ولقد استعمل من منطقة الشلالة من قبل الشركة الالمانية التي كانت تشرف على تشغيل قطارات الخط الحديدي الحجازي البخارية كبديل للفحم. والصخر الزيتي مصطلح يطلق على الصخور الرسوبية الغنية بالمواد الهيدروكربونية بغض النظر عن تركيبها المعدني، وغالبا ما تكون صخور الطفال أو المارل. وفي الأردن نجد أن معظم الصخور الزيتية هي من الحجر الجيري أو الحجر الجيري الفوسفاتي. و يسمى الزيت المستخرج من هذه الصخور بالزيت الصخري أو زيت السجيل الذي يختلف عن النفط العادي بأنه عالي الكثافة و يحتوي على نسبة عالية من النيتروجين والهيدروكربونات الثقيلة (الكيروجين). والكيروجين غير قابل للذوبان في المحاليل التي تذيب المواد البترولية العادية و يعتبر مركبا خاملا نسبياً بسبب عدم قابليته للتفاعل مع المركبات الأخرى بسهولة، وتركيبه الجزئي ونوع الروابط القائمة بين عناصره المختلفة غير واضحة مقارنة بالمواد البترولية التقليدية. وتتراوح القيمة الحرارية لكل كيلوجرام من الصخر الزيتي بين ١٥٠٠ ــ ٤٠٠٠ كيلو كالوري. وفي الأردن لا تزال الدراسات مستمرة من قبل سلطة المصادر الطبيعية وسلطة الكهرباء الأردنية بالتعاون مع شركات الكهرباء ومؤسسات من ألمانيا الغربية والصين الشعبية والاتحاد السوفياتي وكندا وفنلندا والولايات المتحدة وسويسرا وذلك لاستخلاص الزيت الصخري بواسطة التقطير أو عن طريق الحرق المباشر للصخر الزيتي. وتدل النتائج الاولية بأن الحرق المباشر ليس له تأثير على البيئة وانه يتم تصميم مراجل بخارية خاصة لهذا الغرض. كما أن النية تتجه لانشاء محطة توليد تجريبية بقدرة ٢٥ ميغا واط في منطقة السلطانية التي تقع جنوب عمان بمسافة ١٢٥كم لاجراء دراسات وابحاث وتحاليل لمعرفة الجدوى الاقتصادية لاستخدامات الصخر الزيتي.

أماكن وجود الصخر الزيتي

يوجد الصخر الزيتي في أماكن عديدة من الأردن في الشمال (منطقة وادي العرب ونهر اليرموك و بيت رأس شمال شرق اربد والبويضا شرق جامعة اليرموك)، والشمال الشرقي (منطقة الريشة الاجفور)، وخو (شمال شرق الزرقاء)، والجنوب (ضبعة والبحر الميت واللجون والحسينية ومعان). و يتراوح سمك طبقات الصخر الزيتي بين مترين واربعمائة متر كما هي الحال في مناطق شمالي الاردن كما يتراوح عمق هذه الطبقات من سطح الأرض بين صفر وستمائة متر. و يبين الشكل (١٦ ــ ١) أماكن وجود الصخر الزيتي في وسط وجنوبي الأردن حيث قامت سلطة المصادر الطبيعية بدراسات عديدة على هذه الصخور وخاصة القريبة من السطح لاغراض استعمالها كمصدر محلي بديل للطاقة (٧،٣) (Abu Ajamieh, 1987; Nimry, 1981).



١. وادي العرب، نهر اليرموك، بيت راس
٢.. الريشة، الاجفور
٣. منطقة خو شمال شرق الزرقاء
٤. خان الزبيب
٥. سواقة
٦. ام الغدران
٧. غرب المغار
٨. اللجون
٩. السلطاني
١٠. جرف الدراو يش
١١. منطقة معان
١٢. منطقة النبي موسى

شكل ١٦ ــ ١ خريطة تبين اماكن وجود الصخر الزيتي في الاردن.

جيولوجية طبقات الصخر الزيتي

يبين الشكل (١٦ ــ ٢) مقطعاً جيولوجياً عاماً في وسط الاردن حيث يوجد الصخر الزيتي في طبقات وحدة الطباشير ــ المارل التابعة لأواخر العصر الماسترختي ــ باليوسين في حقبة الطباشيري (الكريتاسي) العلوي والمعروف بالأردن بمجموعة صخور البلقاء (B3). وكما هو معروف فان سماكة هذه الصخور تزداد كلما اتجهنا الى الشمال حيث تصل أعلى السماكات (٢٥٠م) في مناطق الشلالة ونهر اليرموك (٣) (Amireh, 1979). وفي حوض الجفر تصل سماكة هذه الصخور حوالي ٤٥٠ م. أما عن الصخر الزيتي (الجزء السفلي من وحدة الطباشير ــ المارل) فهي عبارة عن طبقات متبادلة ومتباينة السمك من الحجر الجيري والمارل والصوان والفوسفات والكوكينا، و يطغى الحجر الجيري والمارل على هذه المكونات التي تعلو وحدة الفوسفوريت (B2b). وتعلو وحدة الحجر الجيري ــ المارل (B4) المعروفة بتكوين أم الرجام (باليوسين ــ ايوسين) طبقات وحدة الطباشير ــ المارل الغنية بالصخر الزيتي. و يوجد الصخر الزيتي على شكل مسطح طولي او عدسي يشغل الأخاديد والقيعان المصدعة.

التركيب المعدني والكيماوي

دلت نتائج الدراسات المعدنية والصخرية والكيماوية التي قام بها (٤،٢) (Amireh, 1989 ;Abed and Amireh, 1983) على عينات الصخور الزيتية من مناطق اللجون والمقارن والشلالة والحمة ووادي العرب على أن الكالسيت هو المكون الأساسي حيث تزيد نسبته كلما اتجهنا الى شمالي الأردن. و يوجد الدولومايت على شكل عقد والكوارتز على شكل صوان أو حبيبي. و يوجد البايريت (Pyrite, Fe S2) مع الصخر الزيتي وهو دليل على البيئة المختزلة التي تتجمع بها المواد العضوية، كذلك توجد المعادن الطينية (الكاولينيت والاليت) ذات الاصل القاري والمنقولة على شكل حبيبات لا تزيد نسبتها عن ١٠٪ في بعض العينات. وتزداد نسبة الأباتيت (فرانكوليت) في الجزء السفلي من طبقات الصخر الزيتي القريبة من وحدة الفوسفوريت. والصخور الزيتية هي من النوع الميكرايت أو البيوميكرايت الغني بالفورا مينيفيرا. و يتميز الصخر الزيتي الأردني باحتوائه على نسبة عالية من الكبريت تصل الى ١٠٪ في الزيت الصخري (٢ر٣٪ من وزن الصخر الخام) والتي تستدعي فصله عن المواد المقطرة في حالة استغلاله. وتبلغ نسبة الزيت القابل للتقطير حوالي ١٠٪ من وزن الصخر الخام. وتحتوي المواد العضوية على ٨ر٩٥٪ من الوزن هيدروجين و٧٣ر٠٪ نيتروجين (٣) (Abu Ajamieh, 1987) و يحتوي الصخر الزيتي على نسبة عالية من العناصر الشحيحة والنادرة التي يمكن ان تكون ناتجاً ثانوياً خلال عمليات استخراج الزيت الصخري. وفي دراسة قام بها المعهد الفيدرالي الألماني للابحاث الجيولوجية على الصخر الزيتي من منطقة اللجون تبين ان الكربونات تصل نسبتها الى ٥٣٪ من الوزن وان نسبة الكربون ٥ر١٦٪ من الوزن والمواد العضوية القابلة للذوبان ١ر٢٪ من الوزن، والقيمة الحرارية ٢٣٠٠ كيلو كالوري /كغم (٦). و يبين جدول (١٦ ــ ١) تركيز العناصر الشحيحة في

المجموعة	وصف الصخور	السماك	الوحدة	العمر	
مجموعة البلقاء	رواسب حديثة		PG	البلايستوسين - حديث	الرباعي
	الكونجلوميرات متزامنة التكتونية العليا والسفلى	٣٠٠-٥٠	H_4		
	حجر جيري نوميوليتي .	١٠-٠	H_1		
	حجر جيري وصوان	١٩٠-٦٠	B_4	الباليوسين - الايوسين	
	حجر جيري مارلي الجزء الأسفل بيتوميني (وحدة الطباشير - المارل)	٧٨٤-١٤٦	B_3	ماسترختي - الباليوسين	الطباشيري العلوي
	طبقات الفوسفات العلوي والسفلي وبينهم الكوكينا	٣٨-٣٠	B_2	كامباني - ماسترختي	
	حجر جيري سيليسي	١٦٠-٨٠			
	حجر جيري رملي - طفالي	٦٠-٥٠	B_1	سانتوني	
مجموعة عجلون	حجر جيري كتلي إكونيدي		A_7	توروني	

شكل ١٦ ـ ٢ مقطع جيولوجي عام في وسط الاردن يبين وضع الحجر الجيري البيتوميني (٢).

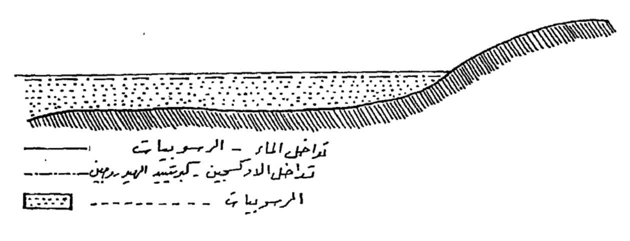
الصخر الزيتي من مناطق مختلفة حيث يظهر التركيز العالي لعناصر الكوبلت والكروم والنيكل والفانيديوم والزنك. و لايزال الصخر الزيتي بحاجة الى دراسة تفصيلية لمعرفة تركيز هذه العناصر وعناصر أخرى مثل الفوسفور واليورانيوم والعناصر الأرضية النادرة.

نشأة الصخر الزيتي

جدول ١٦ ـ ١ تركيز العناصر الشحيحة في الصخر الزيتي من شمالي ووسط الأردن(٤)

العنصر	التركيز (جزء بالمليون)				
	المقارن	وادي الشلاله	وادي العرب	الحمة	اللجون
Co	227	243	261	260	248
Cr	298	226	264	315	479
Cu	56	47	38	40	79
Mn	95	44	105	95	39
Mo	65	--	45	29	116
Ni	568	573	587	560	646
Sr	1073	988	1095	1043	1025
V	110	--	92	49	116
Zn	306	337	274	194	455

ترسب الصخر الزيتي في الاردن في الفترة بين نهاية العصر الماسترختي و بداية عصر الباليوسين في بيئة بحرية ضحلة كانت سائدة في معظم مناطق الأردن. والنظرية السائدة حول تجمع المواد العضو ية هي التجمع السريع في بيئة مختزلة تمنع التحلل السريع شبيهة ببيئة البحر الأسود. و يعتقد (٥) (Bender, 1968) بأن الرواسب العضو ية تجمعت في أحواض تكتونية فوق الصخور الفوسفاتية حيث كونت الجزء الاسفل من وحدة الطباشير ـ المارل. وفي الدراسة التي قام بها (٤) (Abed and Amireh, 1983) تبين أن المياه التي رسبت الصخور الزيتية في الأردن كانت مؤكسدة وغير مختزلة. ولقد استعمل الباحثان الأدلة المتوافرة عن الصخر الزيتي الأردني مثل وجود بقايا المستحاثات القاعية، وارتفاع نسبة الكربونات وعلاقة العناصر الشحيحة مع بعضها بعضاً. وتم تفسير عدم تحلل المواد العضو ية بوجود الاوكسجين بسرعة الترسيب والزمن العالي للكائنات الميته التي يعتقد بأنها ذات أصل نباتي. ولقد ادى الزمن والتغيرات بعد عمليات الترسيب الى زيادة الحرارة والضغط حيث تحولت



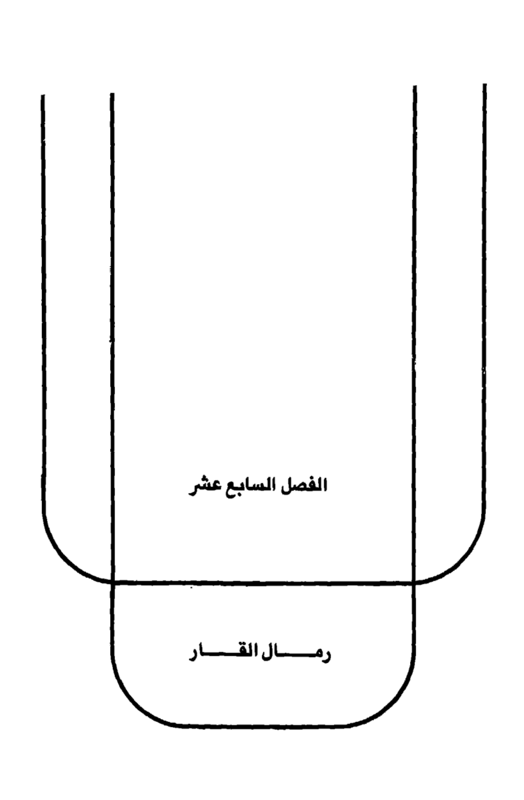
شكل ١٦ ــ٣ بيئة الترسيب للصخر الزيتي (٤).

المواد العضوية في هذه الصخور الى كيروجين في الحجر الجيري أو المارلي، ولقد كانت ظروف التغيير من حيث الحرارة والضغط غير كافية لتحويل الكيروجين الى بترول. وفي دراسة قام بها (١) (Abed, 1982) تبين ان المادة العضوية المكونة للصخر الزيتي غير ناضجة وهي من أصل نباتي بحري حيث تجمعت وتغيرت الى كيروجين في مكانها، وأن الغطاء الصخري كان أقل مما يحتاجه الكيروجين للتحول الى بترول. و يفسر ازدياد نسبة الكبريت في الصخر الزيتي الأردني الى وجود البيئة المختزلة التي تشجع البكتيريا المختزلة في تحويل الكبريتات الى كبريتيد.. و يبين الشكل (١٦ ــ٣) نموذجا لبيئة ترسيب الصخر الزيتي الأردني (٤).

هذا ولا تزال الحاجة ماسة الى دراسة الصخر الزيتي من جميع النواحي الجيولوجية والكيماوية، والتطبيقية للوصول الى تفهم أوضح يضيء الطريق نحو مستقبل افضل.

references

1. Abed, M., 1982: On the hydrocarbons of some Jordanian oil shales., Dirasat, 9:63-78.
2. Abed. A., & Amireh, B., 1983: Petrography and geochemistry of some Jordanian oil shales from north Jordan. Jour. of Petroleum Geology, 5:261-274.
3. Abu-Ajamieh. M., 1987: Mineral resources of Jordan, N.R.A. Internal Report. Amman.
4. Amireh, B., 1979: Geochemistry and petrography of some Jordanian oil shales., Unpublished M.Sc. Thesis, U. of Jordan, Amman.
5. Bender, F., 1968: Geologie von Jordanien, Beitrage Zurregionalen Geologie der Erde, Berlin., 230p.
6. Hufnagel, H., 1980:Investigation of the El-Lajun oil shale deposit., B.G.R. Internal Report, Hanover.
7. Nimry, Y., 1981: The oil shale. A possible substituting source for energy in Jordan. The Fourth Arab Mineral Resources Conference, Amman 1:1-21.



الفصل السابع عشر

رمـــال القـــار

رمال القار هي صخور رملية غالبا ما تفتقر للمادة اللاحمة مكونة من حبيبات الكوارتز ومشبعة بالمواد الهيدروكربونية الثقيلة خارجية المصدر مثل الاسفلت والزيوت البيتيومينية الثقيلة، و يتركز في القار البيتيوميني عادة عناصر هامة مثل الكبريت والفانيديوم والنيكل يجب فصلها عند استعمال هذا النوع من مصادر الطاقة. وتقوم سلطة المصادر الطبيعية بدراسات مكثفة على رمال القار لغرض ايجاد احتياطي أكبر، وخاصة أن أماكن وجودها قرب مصنع البوتاس ومجمع الصناعات الكيماوية يزيد من أهميتها الاقتصادية.

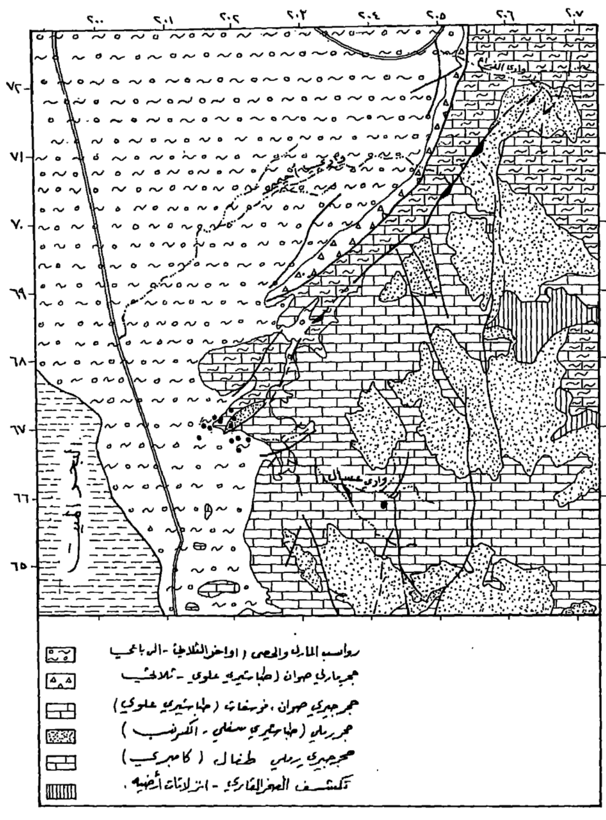
و يبين شكل (١٧ ــ ١) خريطة جيولوجية لمناطق تكشف رمال القار في الوديان المقابلة لمنطقة شمال البحر الميت، وتتكشف رمال القار حسب تقارير سلطة المصادر الطبيعية (١)(Abu-Ajamieh, 1987 في ثلاث مناطق هي وادي عسال و وادي أحمير ووادي الذراع. ومما يجدر ذكره أن وجود البقع الاسفلتية طافية على سطح مياه البحر الميت معروف منذ القدم ومرتبط بحدوث الهزات الأرضية في المنطقة.

جيولوجية الطبقات الحاملة للقار

ينحصر وجود الصخور المشبعة بالقار على شكل غير منتظم في طبقات الحجر الرملي الكرنبي (الطباشيري الأسفل) والحجر الرملي الكامبري (الكامبري الاعلى تكوين عشرين). و يبدو أن هناك علاقة بين وجود القار والتراكيب الجيولوجية في المنطقة حيث تتكشف صخور القار على طول اتجاه الصدع الرئيسي المتجه شمال شرق حيث يقطع مصب وادي عسال و يستمر الى وادي أحيمر ثم الى وادي الذراع، وتتجه الكتلة البنيوية السفلى لهذا الصدع الى الشمال الغربي. وفي منطقة مصب وادي عسال يعلو الحجر الرملي الكرنبي في تباين واضح الحجر الرملي التابع للعصر الكامبري العلوي (تكوين عشرين)، وتفصل هذه الصخور عن الصخور الجيرية ــ المارلية التابعة للعصر السينوماني ــ التوروني، الصدع المتجه شمال شرق. و يتركز القار في المنطقة المكسرة في الحجر الرملي الكرنبي وكذلك في الجزء العلوي من الحجر الرملي الكامبري. وفي وادي أحيمر والذراع تتكشف صخور القار على طول اتجاه الصدع. وتظهر صخور الكامبري والطباشيري الأسفل الرملية في وضع متجاور.

التركيب المعدني والكيماوي لرمال القار

الكوارتز هو المكون الاساسي للحجر الرملي المشبع بالقار في الأردن. أما أهم المعادن الجانبية فهي الكاولينيت في صخور الحجر الرملي الكرنبي والإاليت ــ مسكوفيت في صخور الحجر الرملي الكامبري. وتزداد نسبة المواد الهيدروكربونية بالاتجاه العمودي والافقي حسب درجات النفاذية والمسامية للصخور، وتختفي في الصخور منخفضة النفاذية والمسامية. أما عن رمال القار فتدل النتائج الأولية على عينات من وادي عسال بأن كل كيلوجرام يعطي



شكل ١٧ ــ ١ خريطة جيولوجية تبين اماكن تكشف صخور القار في وادي عسال، وادي أحيمر، وادي الذراع (١).

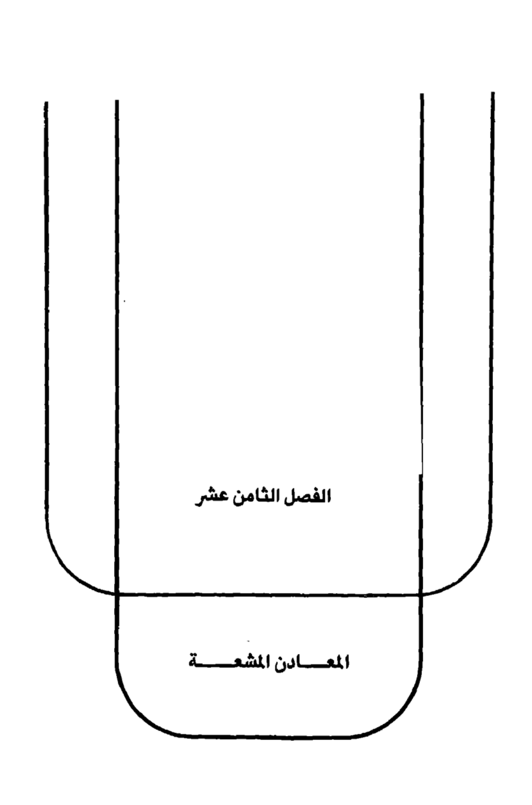
مـا مـعـدله ١١٩٠ كيلو كالوري، وتبلغ درجة الذو بان في الكلورفورم حوالي ١٤٪ و يبلغ معدل نـسـبـة الـكـربـون الـعـضـوي ٥ر١٠٪، والـكـبـريـت ٣ر١٪. ولا تـزال الـدراسـات الـحـقـلـيـة والـجـيـوكـيـمـاو يـة من قبل سلطة المصادر الطبيعية مستمرة. هذا ور بما تكون نوعية القار في الحجر الرملي أفضل مما ذكر، حيث تشير نتائج تحاليل احدى العينات من وادي الذراع الى أن نسبة مجموع الكر بون العضوي تصل الى ٢٥٪ والكبريت ٤٪ وتصل نسبة الذو بان الى ٤٠٪ في الكلوروفورم.

نشاة المواد الهيدروكر بونية في الصخور الرملية

تـشـيـر الـدلائـل الـجـيـولوجية والتاريخية المختلفة الى أن هناك خزاناً للبترول في احدى الـقـيـعـان المـصـدعـة أو الأخاديد في منطقة اللسان او البحر الميت. و يبدو أن الصدوع المرتبطة بـتـكـو يـن حفرة الانهدام كانت الطريق السهل لخروج البترول الى الصخور الرملية وتركيزه في المـنـاطـق المكسرة والعالية النفاذية والمسامية، و يبدو أن المكونات الخفيفة للبترول المهاجر قد تبخرت أو تحللت بفعل البكتيريا التي تحملها المياه الجوفية الغنية بالاوكسجين تاركة الجزء الاسـفـلـتـي والـبـيـتـيـومـيـنـي الثقيل في الصخور الرملية التابعة للكامبري العلوي والطباشيري الـسـفـلي. وهـنـاك احـتـمـال لـوجـود الـقـار في صـخـور الـكامبري الاوسط والأسفل (الدولومايت والأركوز).

Reference

1. Abu-Ajamieh, M., 1987: Mineral resources of Jordan., N.R.A. Internal Report, Amman.



الفصل الثامن عشر

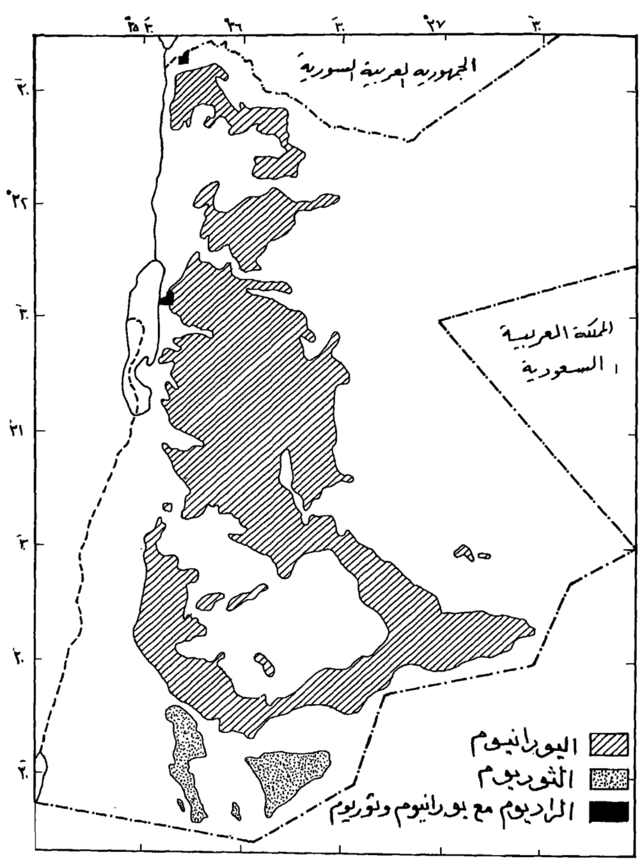
المعـــادن المشعـــة

المعـــادن المشعـــة

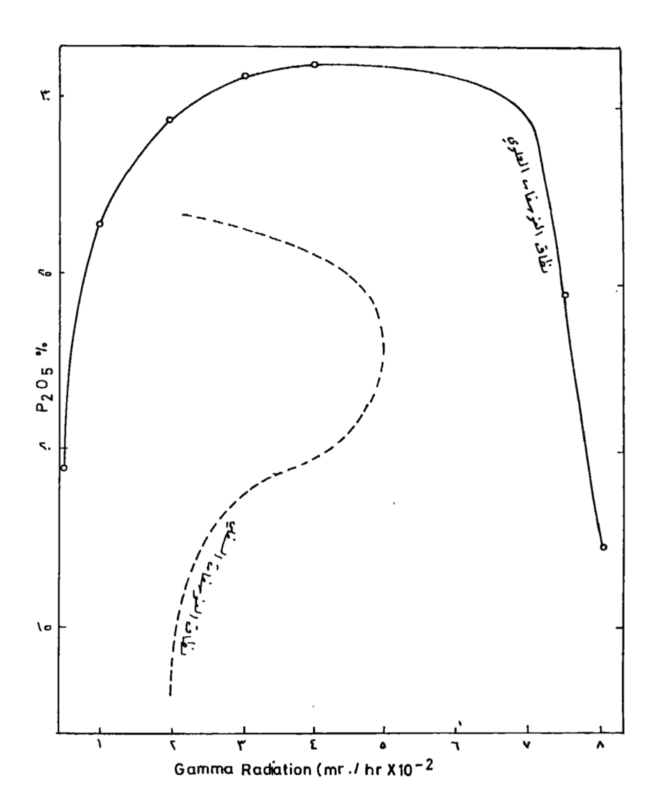
تعتبر المعادن المشعة والتي تحتوي على العناصر المشعة من مصادر الطاقة البديلة والهامة وخاصة في مجال توليد الكهرباء وتحلية مياه البحار. وتعتمد حاليا كثير من دول العالم الصناعية على العناصر المشعة ومشتقاتها كمصدر هام للطاقة. وفي الأردن بدأت سلطة المصادر الطبيعية في البحث عن المعادن المشعة منذ بداية السبعينات حيث أجريت مسوحات جيولوجية، وجيوفيزيائية وكيماوية عديدة أثبتت وجود تركيز غير عادي لليورانيوم والثوريوم والراديوم في مناطق مختلفة من الأردن. و يبين شكل (١٨ ـ ١) نتائج المسح الجوي للأردن حيث تظهر الخريطة أماكن تسجيل القراءات العالية للعناصر المشعة وهي اليورانيوم والثوريوم والراديوم بقياس شدة إشعاع جاما.

١. اليورانيوم

تشير خريطة توزيع العناصر المشعة الى أن اليورانيوم يتركز في صخور العصر الطباشيري العلوي وتتطابق الى حد بعيد مع صخور وحدة الفوسفوريت والجزء السفلي من وحدة الطباشير ـ المارل (الصخر الزيتي). وكذلك فان هناك تركيزاً عالياً ايضاء لكن ذا انتشار محلي مصاحب لرواسب الينابيع الحارة الحديثة في مناطق الزرقاء ـ ماعين، زاره (الجانب الشرقي للبحر الميت) والمخيبة (١) (شمالي الأردن). Abu Ajamieh, 1981 ولقد بين (٢) Helmdach et al, 1985 وجود تركيز عال لليورانيوم في الصخور الجيرية الواقعة ما بين منطقة الزرقاء والسخنة والتابعة للعصرالتوروني العلوي والسانتوني السفلي. ولقد قامت سلطة المصادر الطبيعية بدراسات عديدة حول تركيز عنصر اليورانيوم في صخور وحدة الفوسفوريت والجزء السفلي من وحدة الطباشير ـ المارل (الصخر الزيتي) تضمنت حفر آبار وصلت الى عمق ٧٥ م. وتم التعرف على معادن الاوتيونيت والتيامينيت والكارنوتيت المشعة كمصدر لليورانيوم. ولقد وجد بأن تركيز اليورانيوم في وحدة الفوسفوريت يزداد باتجاه شمالي الأردن، وهو أعلى بكثير من تركيزه في الفوسفات متدني الدرجة في شرق وشمال شرقي الأردن الذي يتبع صخور عصر الايوسين. ولقد وجد بأن هناك علاقة طردية بين نسبة تركيز الفوسفات وتركيز اليورانيوم، و يبين الشكل (١٨ ـ ٢) العلاقة بين قوة اشعاع جاما وتركيز خامس أكسيد الفوسفور الثنائي حيث يزداد المحتوى الاشعاعي بازدياد تركيز الفوسفور، والذي يصل في وسط الاردن الى أعلى تركيز له في طبقات الفوسفات العليا (P_2O_5 =30٪) بالمقارنة بطبقات الفوسفات السفلى (P_2O_5 =22٪). وكما هو مبين بالشكل فان تركيز اليورانيوم يستمر بالزيادة بمعدل أقل حتى في الطبقات منخفضة المحتوى من الفسفور. و يمكن تفسير ذلك بان اليورانيوم مرتبط بتركيب معدن الفرانكوليت حيث تظهر العلاقة الطردية الى الحد الاعلى للمحتوى الفوسفاتي. و يدل معدل ازدياد المحتوى الاشعاعي حتى بعد انخفاض نسبة الفوسفات الى وجود علاقة طردية بين معادن اليورانيوم الثانوية ووجود المعادن الطينية التي تساعد في امتصاص وترسيب معادن اليورانيوم الصفراء. ولقد قام (١) Ajamieh, 1981



شكل ١٨ ــ ١ خريطة تبين نتائج المسح الجوي الأردني وأماكن تركيز العناصر المشعة بقياس شدة إشعاع جاما (١).



شكل ١٨ ـ ٢ العلاقة بين تركيز اليورانيوم والفوسفات في مناطق وسط الاردن (١).

Abu بتقسيم وحدة الفوسفوريت الى خمسة نطاقات بالاعتماد على تركيز اليورانيوم. و يبين شكل (١٨ ـ ٣) النطاقات الخمسة في مقطع يمثل الجيولوجيا التحت سطحية في المنطقة الواقعة بين سواقه وجرف الدراو يش. ولقد أعطي اسم النطاق شديد الاشعاع للطبقات التي يبلغ معدل تركيز ثامن اكسيد اليورانيوم الثلاثي (U_3O_8) فيها ٢٠٤ أجزاء بالمليون، والنطاق متوسط الاشعاع للطبقات التي يتراوح تركيزه فيه بين ٩٥ ـ ١١٥ جزءاً بالمليون، والنطاق ضعيف الاشعاع للطبقات التي يبلغ معدل تركيزه فيها ٢٤ جزءاً بالمليون. و يتراوح تركيز اكسيد اليورانيوم في خامات الفوسفات في الرصيفة ١٣٥ ـ ١٧٠ جزءاً بالمليون، و يقل معدله كلما اتجهنا جنو با فهو ٩٣ جزءاً بالمليون في الحسا و٨٣ جزءاً بالمليون في الشدية (٣)(1981 Khaled and Abed,). وكذلك فان اليورانيوم يوجد في الصخور الجيرية الواقعة بين السخنة والزرقاء، و يصل اكثر من ٣٠٠ جزء بالمليون و يتركز ثانو ياً الى نسب أعلى في الشقوق والفواصل (٢،٤) Helmdach, et al, 1985; Wriekat et al, 1987

ومما يجدر ذكره أن اليورانيوم يحل محل الكالسيوم في الاباتيت في المراحل الأولى عند الترسيب من مياه البحر.

أهمية اليورانيوم في الفوسفات الأردني

تقدر كمية الاحتياطي الأولي في أكسيد اليورانيوم في الفوسفات الأردني القابل للتعدين بأكثر من ٢٠٠ر٠٠٠ طن متري (١) Abu Ajamïeh, 1981 ولكن الكمية الفعلية هي أكثر من ذلك بكثير و يمكن استخلاص اليورانيوم كناتج ثانوي خلال عملية تصنيع حامض الفوسفوريك وتدل النتائج الأولية للأبحاث الجارية في مصنع الأسمدة الكيماو ية على أنه يمكن تركيز ٨٠ ـ ١٠٠ طن متري من ثامن اكسيد اليورانيوم الثلاثي (الكعكة الصفراء) عند استخدام ٣ر١ مليون طن متري من الفوسفات. و يمكن تحو يل الكعكة الصفراء الى فلوريد اليورانيوم الذي يمكن تصنيعه الى وقود نووي لاغراض المفاعلات النوو ية. وهنالك حاجة ماسة لاجراء المزيد من الابحاث على توزيع اليورانيوم في الفوسفات الأردني، وافضل الطرق لاستخلاصه، وهنالك تكنولوجيا متقدمة في الولايات المتحدة الامريكية لاستخلاص اليورانيوم من الفوسفات وخاصة في ولاية فلوريدا يمكن الاستفادة منها في هذا المجال.

٢. الثوريوم

تبين خريطة توزيع العناصر المشعة في الاردن (شكل ١٨ ـ ١) أماكن وجود الثوريوم حيث يتركيز في مناطق جنوب شرقي الأ ردن في الصخور الرملية التابعة لحقبة الحياة القديمة (الاوردوفيشي والسيلوري السفلي). و يتكون الجزء السفلي من صخور العصر الأ وردوفيشي من الحجر الرملي البني المتطبق ذي الأصل القاري يعلوه الحجر الرملي الناعم والرملي الطيني الجرابتوليتي من العصر الأ وردوفيشي الأ وسط، ثم الحجر الرملي الناعم والطيني الكونيولاري من الاوردوفيشي العلوي ذي الأصل البحري. وتعلو رواسب الحجر الرملي النوتيليدي البحري

النطاق	U_3O_8 (ppm.)	وصف الصخور	المقطع	السمك بالأمتار	العمق بالأمتار
متوسط الإشعاع	٩٥	مارل		١٤	١٠
قوي الإشعاع	٢٠٤				
		فوسفات مارلي صوان		٤	
متوسط الإشعاع	٦٠	مارل		٢	٢٠
	١١٥	طبقات الفوسفات العليا		٤	
	٦٠	مارل			٣٠
ضعيف الإشعاع	٢٤	كوكينا		٢٤	٤٠
					٥٠
متوسط الإشعاع	١٠٠	طبقات الفوسفات السفلى		٤	
	٥٠	طبقات صوان مارل			٦٠
		مستوى المياه الجوفية			٧٠

شكل ١٨ ــ٣ مقطع جيولوجي تحت سطحي يمثل طبقات الفوسفات في المنطقة الواقعة بين سواقة وجرف الدراويش (١).

(سيلوري سفلي) صخور الأوردوفيشي. و يتركز الثوريوم وعناصر أخرى هامة في صخور الأوردوفيشي الأوسط الجرابتوليتية حيث يصل تركيز أكسيد الثوريوم الى حوالي ٤٠٠ جزء بالمليون. أما تركيز العناصر الأخرى مثل الزركونيوم (حوالي ٣٠٠٠ جزء بالمليون) وسترونشيوم (٢٠٠ جزء بالمليون) و باريوم (٢٠٠ ــ ٧٠٠ جزء بالمليون) والعناصر الأرضية النادرة (٥٠٠ جزء بالمليون) والتنجستن (٥٠٠ ــ ١٠٠٠ جزء بالمليون) والتيتانيوم (٦ر٠ ــ٧ر٠٪)... الخ (Abu Ajamieh, 1981)(١) و يبدو أن المعادن الثقيلة مثل الزركون والروتايل والمونازيت التي نقلت من مصادرها (صخور القاعدة) وترسب على شكل حبيبي مع رسوبيات حقب الحياة القديمة هي مصدر الثوريوم العالي. وكذلك فان تحليل عينة من الحجر الجيري التابع للعصر الطباشيري العلوي في المنطقة بين السخنة والزرقاء أظهرت تركيزاً عالياً للثوريوم وصل الى اكثر من ٢٠٠ جزء بالمليون (Wreikat, et al, 1987)(٤). إن توزيع عنصر الثوريوم في صخور حقبة الحياة القديمة وفي صخور العصر الطباشيري العلوي وخاصة الفوسفاتية منها بحاجة الى دراسات تفصيلية يجب الاخذ بها بعين الاعتبار في المشاريع التنقيبية المستقبلية.

٣. الراديوم

الراديوم ٢٢٦ هو ناتج من تحلل اليورانيوم ٢٣٨ حيث أظهرت الدراسات الاولية على رواسب الينابيع الحارة الحديثة بأن هناك تركيزاً عالياً لعنصر الراديوم مع آثار لعناصر الثوريوم واليورانيوم. و يبدو أن هنالك علاقة بين حركة المياه في الصخور الحاملة للعناصر المشعة مثل وحدة الفوسفوريت أو الصخر الزيتي وتركيز عنصر الراديوم في مياه الينابيع الحارة ورواسبها من الترافرتين على السطح. و بالتالي فان الحاجة ماسة الى اجراء دراسات تفصيلية أخرى لمعرفة تركيز عنصر الراديوم في مياه الينابيع الحارة والرواسب الحديثة وعلاقة ذلك بالصخور التي تتخللها والتي يعتقد بأنها صخور المصدر للعناصر المشعة.

References

1. Abu Ajamieh, M., 1981: Radioactive minerals in Jordan., The Fourth Arab Mineral Resources Conference, Amman. 2:16 p.
2. Helmdach, F., Khoury, H., and Meyer, J., 1985: Secondary uranium mineralization in the Santonian-Turonian, near Zarqa, north Jordan. Dirasat, 12:105-111.
3. Khalid, H., and Abed, A., 1981: Uranium in Esh- Shadiya phosphates., Dirasat, 8:57-66.
4. Wriekat, A., Abdallah, M., and Saffarini, G., 1987: The determination of U and Th in some Jordanian mineral deposits using natural gamma ray spectroscopy., Dirasat, 14: 187-191.

المراجع باللغة العربية

الشريف، روحي ومنير قاقيش، ١٩٨٣، خواص الحجر الجيري كحجر بناء وحصى في الاردن، الجمعية الملكية، عمان.

عابد، عبد القادر، ١٩٨٢ : جيولوجيا الاردن، دار النهضة الاسلامية، عمان.

عابد، عبد القادر، ١٩٨٥ : جيولوجيا البحر الميت، دار الارقام، عمان.

عمارين، عوني وخالد شرايحة، ١٩٨٦ : املاح البحر الميت : مخزونها واستخلاصها واستعمالاتها. ندوة الملح في الوطن العربي، عمان.

قاقيش نزار، ١٩٨٦ : خصائص حجر البناء الاردني، الجمعية الملكية، عمان

المراجع باللغة الانجليزية

Abed, A., 1978: Deposition environments of the Kurnub (Lower Cretaceous) sandstones: I.A Coal horizon at the lower most Kurnub in north Jordan. Dirasat, 5:31-44.

Abed, A., 1978 : A coal horizon at the lower most Kurnub, north Jordan, Dirasat, 5 : 34-44.

Abed, M., 1982: On the hydrocarbons of some Jordanian oil shales., Dirasat, 9:63-78.

Abed, A., 1982 : Depositional environments of the early Cretaceons Kurnub (Hathira) sandstones, north Jordan. Sediment. Geol., 31: 267-279.

Abed, A., 1982: Geology of Jordan, Al-Nahda Al-Islamiah, 232 p.

Abed, A., 1985: Geology of the Damya Formation, Dirasat. 12:99-108.

Abed, A., 1985: Geology of the Dead Sea; waters, salts and evolution. Dar Al Arqam, Amman.

Abed, A., and Mansour, H., 1982 : Petrography and chemistry of some lower Cretaceous glauconites from Jordan, Dirasat, 9 : 67 - 80.

Abed. A., & Amireh, B., 1983: Petrography and geochemistry of some Jordanian oil shales from north Jordan., Jour. of Petroleum Geology, 5:261-274.

Abed, A., and Khalid, H, H., 1985: Distribution of uranium in the Jordanian phosphates, Dirasat, 7: 91 - 103.

Abed, A., and El-Hiyari, M., 1986: Depositional environment and plaeogeography of the Cretaceous gypsum horizon in west central Jordan, Sediment. Geol., 47: 109-123.

Abed, A., and Ashour, M., 1987: Petrography and age determination of the NW Jordan Phosphates. Dirasat, 14: 247-265.

Abu- Ajamieh, M., 1974 : Uranium resources in Jordan, Unpublished Report. NRA, Amman.

Abu Ajamieh, M., 1981: Radioactive minerals in Jordan., The Fourth Arab Mineral Resources Conference, Amman. 2:16p.

Abu-Ajamieh, M., 1987: Mineral resources of Jordan, N.R.A. Internal Report. Amman.

Adamia, S., Chkhotua, M., Kekelia, M., Lordkipanidz, M., Sharishvili, I., and Zachariadze, G., 1981 : Tectonics of the Caucasus and adjoining regions : Implications for the evaluation of the Tythys ocean: J. of Structural Geol., 3: 437-447.

Al-Agha, M., 1985: Petrography, mineralogy, geochemistry and genesis of the north Jordan phosphates. Unpublished M.SC. thesis, U. of Jordan, Amman.

Al-Hawari, Z., 1986: Clay minerals associated with the Jordanian phosphates and its possible industrial utilization. Unpublished M.Sc. thesis, U. of Jordan, Amman.

Al-Sbaeay, I., 1987: Dead Sea water geochemistry., M.Sc. thesis, University of Jordan, Amman.

Amireh, B., 1979: Geochemistry and petrography of some Jordanian oil shales., Unpublished M.Sc. Thesis, U. of Jordan, Amman.

Amireh, B., 1987: Sedimentological and petrological interplays of the Nubian Series in Jordan with regard to paleogeography and diagenesis. Bswg. Geol. Palaont. Diss., Braunschweing, 232p.

Arsalan, F., 1976: Geologie und Hydrogeologie der Azraq-Depression. Diss. Technische Hochdchule Aachen, 85p.

Bandel, K., and Haddadin, A., 1979: The depositional environment of Amber-bearing rocks in Jordan, Dirasat, 6:39-65.

Bandel, K., and Khoury H., 1981: Lithostratigraphy of the Triassic in Jordan, Facies, 4 : 1- 26

Bandel, K., and Mikbel, S., 1985: Origin and deposition of phosphate ores from the Upper Cretaceous at Ruseifa., Mitt. Geol. Paleont. Inst. Hamburg. 59:167-188.

Barjous, M., 1986: The geology of Siwaqa map, sheet No. 3252. IV, Bull. 4, N.R.A Bull. 4, 70p.

Barnes, I., Presser, T., Saines, M., Dickson, P., and Koster Van Gross, A., 1982:- Geochemistry of high basic calcium hydroxide groundwater in Jordan, Chem. Geol., 35: 147-154.

Basha, S., 1987: On the Tertiary phosphate rocks of the Risha area, NE Jordan. Dirasat, 14:211-227.

Basta, E., and Sunna, B., 1972: The manganese mineralization at Feinan District, Jordan, Bull. Fac. Sc., U of Cairo, 44 : 111-126.

Batayneh, A. 1987: Geophysical studies of iron occurrences in northern Jordan. Unpublished M.Sc. Thesis, U of Jordan. 150 p.

Bender, F., 1965: Zur Geologie der Kupfererz-Vorkommen am Ostrand des Wadi Araba, Jordanien, Geol. Jb., 83: 181-208.

Bender, F., 1968: Geologie Von Jordanien, 7, Beitrage Zur Regionalen Geologie der Erde. Gebrüder, Borntraeger, Berlin, 230p.

Bender, F., 1974 : Explanatory notes on the geological map of Wadi Araba, Jordan. Geol. Jb. Bull. 10: 3-62.

Bender, F., 1974: Geology of Jordan. Beitraege zur Regionalen Geologie der Erde. Gebruder Borntraeger Pub., Berlin, 196p.

Bender, F., 1975: Geology of the Arabian Peninsula, Jordan, Prof. Pap. U.S. Geol. Surv. 560-I., Washington.

Bender, F., 1982: On the evolution of the Wadi Araba Jordan Rift, Geol. Jb. Bull. 45: 3-20.

Bender, F., Echhardt, F., and Heimbach, E., 1970: Rohstoffe Zur Dungemittelherstellung und Phosphat Basis in Jordanien. BGR Unpublished Report, Hanover.

Beerbaum, B., 1977: Die Genese der marin-sedimentaren Phosphat lagerstatte von Al Hasa., Geol. JB. 24, 58p.

Benson, W., 1952: Investigation of mineral resources of Jordan. Unpublished report, BGR Archiv, Hanover.

Bentor, J., 1956 : The manganese occurrences at Timna, a lagoonal deposit, XX Cong. Geol. Inter. Symp. Mexico.

Bentor, Y., Gross, S., and Heller, L., 1963: Some unusual minerals from "Mottled Zone" complex, Israel., Amer Min. 48: 924-930.

Bentor, Y., Gross, S., and Kolodny, Y., 1972: New evidence on the origin of the high temperature mineral assemblage of the "Mottled Zone", Israel, 24th, International Geological Congress, 2: 265-275.

Blake, G., 1930: The mineral resources of Palestine and Trans - Jordan Jerusalem Printing and Stationary Office.

Blake, G., 1936: The stratigraphy of Palestine and its building stone, Jerusalem Printing and Stationary Office

Blake, G., and Ionides, M., 1939: Report on the water resources of Transjordan and their development. London, Crown Agents for the Colonies.

Blanckenhorn, M., 1896: Entstehung and Geschichte des Toten Meeres - Zeitschr. Deutsch–Palastine Vereins, Leipzig.

Boom, Van den, G., 1969: Zur Geologie und Genses der Manganerz Vorkommen in Wadi Dana Geol. Jb. 81:42-46.

Boom, Van den, and Lahloub, G., 1962: The iron-ore deposits of Warda in southern Ajlun-District. Unpublished Report, NRA, Amman.

Boom Van den, G., and Lahloub, M., 1964: Geological and petrological investingations of igneous rocks in the area of Quweira, S-Jordan. NRA Internal Report, Amman.

Boom, G., and Suwwan, O., 1966: Report on geological and petrological studies on the Plateau-Basalts in NE Jordan. GGM. Archiv BGR, Hanover.

Boom Van den, G., and Rösch, H., 1969: Modalbestand und Petrochemie der Granite in Gebiet von Aqaba-Quweira, Sudjordanien, Beih. geol. Jb., 18: 113-148

Burdon, D., 1959: Handbook of the geology of Jordan; to accmpany and explain the three sheets of 1:250.000 geological map of Jordan, east of the Rift by A. Quennell., Govt., Hashemite Kingdom of Jordan. 82 p.

Coppens, R., Bashir, S., and Richard, p., 1977: Radioactivity of Al-Hasa phosphates, a preliminary study. Mineral. deposita. 12: 189-196.

Darwish, J. 1987: Investigation of Azraq clays. NRA-Internal Report 18p.

Demag, A, 1960 : Report of the manganese of Wadi Dana, Jordan, Unpublished, BGR Archiv. Hanover.

Dwiri, M., 1988: Generation of zeolite from alteration of basaltic glass from Jebal Aritain volcano. The Third Jordanian Geological Conference, Amman, p 30.

Fakhoury, K., 1987: Chemical variability in francolites from Jordan, and role of microbial processes in phosphogenesis. Unpublished M.Sc. Thesis, U. of Jordan, Amman, 127p.

Faraj, B., 1988: Palygorskite and its possible economic value in Azraq Basin, Jordan, NRA, Internal Report. 13p.

Futian, A. and Neville, R., 1980: Palynological analysis of seven samples from Batn El-Ghoul. 2 and 3 boreholes submitted by JEBCO Petroleum Development, Rep. 4472P/F.

Gharibeh, R., 1981: The geochemistry of the Dead Sea. The fourth Arab Mineral Resources Conference, Amman.

Gold, O., 1964: The Wadi Araba copper exploration, Jordan, Unpublished report.

Gross, S., Mazar, E., and Zak, I., 1967: The "Mottled Zone" complex of Nahal Ayalon, central Israel, Israel J. Earth-Ssci., 16:84-96.

Gross, S., 1977: The mineralogy of Hatrurim Formation, Israel. Geol. Survey of Israel, Bull. 7, 80 p.

Gruneberg, F., and Dajani, 1964: The soils of Azraq area. GGM, Archiv RGR, Hanover.

Haddadin, M., 1974: Possibilities of bentonite in Jordan, NRA, Internal Report, 24p.

Hakki, W., 1971: The mineral exploration of the Aqaba granites, NRA. Internal Report, Amman.

Hakki, W., 1978: Daba marble project, N.R.A. Unpublished Report, Amman, 40p.

Hall, p., and Nimry, Y., 1971: The Mahis clay deposits, NRA, Internal Report, Amman.

Hamam, K., 1977: Foraminifera from Maestrichtian phosphate-bearing strata of El-Hasa, Jordan. J. of Foraminiferal Research, 7:1.

Hauf, p., 1979: Hashemite from Daba, Jordan, U.S.Geol. Survey, Internal report, Washington.

Heimbach, W., and Rösch, H., 1980: Die Mottled Zone in Central Jordanien., Geol. Jb. 40:3-17.

Heimbach, W., and Rösch, H., 1982: Zum vorkommen von Wolchonskoit, einem Cr-Montmorillonit aus dem Hangenden der Mottled Zone Zentraljordaniens. Geol. Jb., B45:21-30.

Helmdach, F.; Khoury, H., and Meyer, J., 1985: Secondary uranium mineralization in the Santonian-Turonian, near Zarqa, north Jordan. Dirasat, 12:105-111.

Hull, E., 1886: Memoir on the physical and geography of Arabea Petraea, Palestine, and adjoining districts, with special reference to the mode of formation of the Jordan-Arabah depression and the Dead Sea. Bentley & Sons, London, 145 P.

Hufnagel, H., 1980: Investigation of the El-Lajun oil shale deposit., B.G.R. Inernal Report, Hanover.

Ibrahim, H., 1965: Geology and possiblities in the area between Mahis and Ghor Kabid, NRA, Internal Report, Amman.

Jallad, I., 1977: Investigation on the upgrading processes of the low grade phosphates. Unpublished Ph. D. thesis, Cairp U., Cairp.

Jarrar, G., 1984: Late Proterozoic crustal evolution of the Arabian-Nubian shield in the Wadi Araba area, SW-Jordan. Unpublished Ph.D. thesis, Braunschweig University, 107 P.

Jaser, D., 1986: The geology of Khan ez Zablib, Map sheet No. 3253 III., N.R.A., Bull. 4,47p.

Jeresat, K., and Bashir, S., 1972: The triploi occurrences between Madaba and Tafila, N.R.A. Internal Report, Amman.

JPC, 1986: Jordan Phosphate Mines Co. LTD. Annual Report.

Karam, D., 1967: Studies on some phsphate bearing rocks on Jordan. Unpublished M.Sc. thesis, Ain Shams U., Cairo.

Karam, S., 1973: Geological report on some tripoli occurrences in Jordan. Royal Sci. Soc., Amman.

Khalid, H., 1980: Petrography, mineralogy, and geochemistry of Esh-Shidya, Unpublished M. Sc. thesis, U. of Jordan, Amman.

Khalid, H., Abed, A., 1981: Uranium in Esh-Shadiya Phosphates., Dirasat, 8:57-66.

Khalid, H., and, Abed A., 1982: Petrography, and geochemistry of of Esh-Shidya, phosphates. Dirasat, 9: 81-102.

Khoury, H., 1974: Boron in Mahis clays as a paleoenvironmental indicator, Dirasat, 1:97-103.

Khoury, H., 1980: Mineralogy and origin of Azraq clay deposits, Jordan, Dirasat, 7:21-31.

Khoury, H., 1981: The kaolin deposits of Mahis area, Jordan. Dirasat, 8:69-84.

Khoury,H., 1985: The origin of highly alkaline waters from the Maqrin area, north Jordan, Dirasat, 12: 125-131.

Khoury, H., 1986: Depositional environment and diagenesis of the lower part of the Kurnub Sandstone Formation (lower Cretaceous), Mahis area, Jordan. Sediment. Geol., 49:129-141.

Khoury, H., 1986: On the origin of stratabound copper-manganese deposits in Wadi Araba, Jordan, Dirasat, 13:227-247.

Khoury, H., 1986: The origin of tripoli in Jordan., Sediment. Geol., 48: 223-235.

Khoury, H., 1987: Tripolization of chert in Jordan. Sediment. Geol., 53: 315-310.

Khoury, H., 1987: Alunite from Jordan, N.Jb. Miner, Mh., 9:426-432.

Khoury, H., 1989:Isoiopic evidence of thermal matamorphism of the bituminous limestone of Maqarin area, Jordan.(In Press).

Khoury, H.,and Nassir, S., 1982:A discussion on the origin of Daba-Siwaqa marble, Dirasat, 9:55-66.

Khoury, H., and Nassir, S., 1982: High temperature mineralization in the bituminous limestone in Maqarin area, north Jordan., N.Jb. Miner, Abh. 144: 197-213.

Khoury, H; and Salameh, E., 1986: The origin of high temperature minerals from Sweileh area, Jordan, Dirasat, 8. 261-269.

Khoury, H., and El-Sakka, W., 1986:Mineralogical and industrial characterization of the Batn El-Ghoul clay deposits, southern Jordan, App. Clay Sci., 1; 321-351.

Khoury, H., and Khalil, K., 1986: Ghor Kabid clay deposits, Jordan, Dirasat, 13:246-260.

Khoury, H., and Graetsch, H., 1989: Mineralogy and petrography of some opaline phases from Jordan, (In Press.).

Khoury, H., Salameh, E., Udluft, p., 1984: On the Zerka Main travertine/Dead Sea., N. Jb. Geol. Palaont. Mh. 8:472-484.

Khoury, H., Salameh, E., and Abdul-Jaber, Q., 1985: Characteristics of an unusual highly alkaline water from the Maqarin area, northern Jordan. J. Hydrol.,81: 79-91.

Khoury, H., Al-Hawari, Z. and El-Suradi, S., 1988: Clay minerals associated with Jordanian phosphates and their possible industrial utilization. Appl. Clay Sci., 3:111- 121.

Khoury, H., Mackenzie, R., Russel, J., and Tait, J., 1984: An iron free volkonskoite, Clay Mins, 19: 43-47.

Kolodny, Y., 1979: Natural cement factory: A geological story. Franklin Pierce College, 203-215.

Kolodny, Y., and Gross, S., 1974: Thermal metamorphism by combustion of organic matter; isotopic and petrological evidence., J. Geol. 82 : 489 - 506.

Kolodny, Y., Bar, M., and Sass, E., 1971: Fission track age on the "Mottled Zone Event" in Israel. Earth and Planet. Sci. Lett, 11: 269-272.

Kolodny, Y., Schulman, N., and Gross, S., 1973: Hazeva Formation sediments affected by the "Mottled Zone Event". Israel J. Earth - Sci., 22: 185-193.

Krashan, G., 1988: Sedimentology and geochemistry of Amman Formation in Wadi El-Mujib area, central Jordan. Unpublished M. Sc., thesis U of Jordan.

Lartet, L. 1869 : Essai sur la Geologic de la Palestine- Ann. Sci. Geol., 1 pt., 1:1- 116.

Matthews, A., Kolodny, Y., 1978: Oxygen isotope fraction in decarbonation metamorphism, Earth and Planet., Sci. lett., 39: 179-192.

Mckelvey, V., 1959 : Investigations needed to stimulate the development of Jordan mineral resources, Unpublished Report. USGFS.

Mikbel, Sh., and Zacher, W., 1981: The Wadi Shueib structure in Jordan., N. Jb. Geol. Palaont. Mh., 9:571-579.

Mikbel, Sh., and Abed, A., 1985 : Discovery of large phosphate deposits in NW Jordan. Dirasat, 12: 125-136.

Mikbel, Sh. Saffarini, G., and El-Isa, Z., 1985 : New iron occurrences west of Amman. Jordan, Dirasat, 12 : 112-124.

Nassir, S., and Khoury, H., 1982: Geology, mineralogy, and petrology of Daba marble, Jordan, Dirasat, 9: 109-130.

Neev., D., and Emery, K., 1967: The Dead Sea., Geol. Survey of Israel., Bull., 41 : 147 p.

Nimry, Y., 1967: The manganese occurrences at Wadi Dana, Jordan, Unpublished Report, NRA.

Nimry. Y., and Haddadin, M., 1970:- Glass sand of Ras En Naqb. NRA. Internal Report, Amman.

Nimry, Y. 1973: The copper and manganese prospects of Wadi Araba, Unpublished Report, NRA.

Nimry, Y., 1981: The oil shale. A possible substituting source for energy in Jordan. The Fourth Arab Mineral Resources Conference, Amman 1:1-21.

Nissenbaum, A., 1977: Minor and trace elements in the Dead Sea Water, Chemical Geology, 19:99-1.

NRA, 1981: Mineral occurrences in Jordan, NRA Internal Report, Amman.

Omari, K., 1975: The tripoli prospects of Ainun and El-Shehabiyeh, N.R.A. Internal Report, Amman.

Pecal, Z., and Gharibeh, R., 1968: Leucogranites in southern Jordan. A potential source of feldspar raw material, NRA Internal Report. Amman.

Picard, L., 1941: The Precambrian of the north Arabian-Nubian Massif. Bull., Geol. Dept., Hebrew Univ., 3, 3-4.

Quennell, A., 1951: The geology of mineral resources of Trans-Jordan. Colonial Geology & Mineral Resources, London, 2: 85 - 115.

Reeves, M., and Saadi, T., 1971 : Factors controlling the deposition of some phosphates bearing strata from Jordan. Econ. Geol., 68 : 541 - 465.

Rimawi, O., 1980: Geochemistry and isotope hydrogeology of the thermal springs along the eastern side of the Jordan, Dead Sea. M. Sc. Thesis., U of Jordan, Amman.

Robertson, A, 1977: The origin and diagenesis of chert from Cyprus. Sedimentology. 24: 11 - 30.

Rösch, H., and Saadi, T., 1975 : Types of phosphate rocks and their chemical and petrological characteristics. Technical Report. DP/UN/ Jordan- 70 - 521/2, published by the. United Nations.

Ruef, M., and Jeresat, K., 1965; Geology of Jiza-Qatrana area, Central Jordan., N.R.A., Unpublished Report, Amman.

Saadi, T., 1968: Tripoli, N.R.A., Internal Report, Amman.

Saadi, T., 1969 : Mineralogy, crystal chemistry, and genesis of some Jordanian phosphate ores. Unpublished M.Sc. thesis, Durham, England.

Saadi, T. and Shaaban, M., 1981 : Uranium in Jordanian phosphates and its distribution in the beneficiation processes. The Fourth Arab Min. Res. Conf. Amman.

Sadaqa, R., 1983 : Geology and new phosphate deposits of Wadi El-Abiad area, central Jordan. Unpublished M.Sc. thesis, U. of Jordan, Amman.

Saffarini. G., 1988 : Geochemical characterization of a carbonate-hosted hydrothermal iron ore : The Warda iron deposit Ajlun, Jordan. Dirasat, In print.

Salameh, E., 1975: The discovery of gypsum in the Azraq area, Dirasat, 2:69-75.

Salameh, E., 1980: The Sweileh structure, N.Jb. Geol. Palaont., Mh., 7: 428-438.

Salameh, E., and Khudeir, K., 1983: Thermal water system in Jordan., N. Jb. Geol. Palaont. Mh., 4: 249-256.

Salameh, E., and Udluft, P., 1984: Hydrodynamic pattern of the central part of Jordan,, Geol. Jb., C38: 39-53.

Sasa, A., and Abu Taha, I. 1983: Batn El-Ghoul clay and its future utilization. NRA, Internal Report. Amman.

Shadfan, H., and Dixon, J. 1984: Occurrence of palygorskite in the soils and rocks of the Jordan Valley, Developments In Sedimentology. 37: 187 - 199.

Slatikine, A., 1961: Nodules Cupriferes du Neguev (Israel), Bull. Res. Counc. Israel, 10 : 292-299.

Sturm, E., 1953: Possible origins of manganese ore in the Negev. Bull. of the Res. Counc., 3, Jerusalem.

Sunna, B., 1984: Feldspars in Jordan, NRA Internal Report, Amman.

Taimeh, M., and El-Hiyari, M., 1978: Report on the gypsum occurrences in southern Jordan., N.R.A. Unpublished Report, Amman, 22P.

Wetzel, R., and Morton, D., 1959: Contribution a La Geologie de la Transjordanie - notes et Memories sur le Moyen-Orients. Publiees sous la direction de M.L. Dubetret. Contributions a la Geologie de La Peninsule Arabique, Museum Nat. d'Hist. Nature, Paris, 7: 95 - 188.

Weissbrod,, T., 1969: The Paleozoic of Israel and adjacent countries. Bull. Geol. Surv. Israel., 48: 32 p.

Wiersma, J., 1970: Provenace, genesis, and paleogeogeographical implications of microminerals occurring in sedimentary rocks of the Jordan Valley area. Fysisch-Geografisch, Amsterdam.

Wiesemann, G., and Abdullatif, A., 1963: Geology of Yarmouk area, north Jordan, GGM., 120 P.

Wiesemann, G., and Rosch, H., 1969: Das Apatit-Vorkommen Von Suweileh; Nord-Jordanien. Beih. Geol. Jb., 81: 177-214.

Wriekat, A., Abdallah, M., and Saffarini, G., 1987: The determination of U and Th in some Jordanian mineral deposits using natural gamma - ray spectroscopy., Dirasat, 14 : 187 - 191.

شكـــــر

يتقدم الكاتب بخالص شكره وتقديره الى الجامعة الأردنية لنشر هذا الكتاب من ضمن (منشورات الجامعة الأردنية). و يخص بالذكر الاستاذ الدكتور محمد عدنان البخيت عميد البحث العلمي في الجامعة الأردنية وجميع العاملين في مطبعة الجامعة.

كما يود أن يعبر عن جزيل الشكر والعرفان الى جميع العاملين في سلطة المصادر الطبيعية وفي قسم الجيولوجيا والمعادن في كلية العلوم بالجامعة الأردنية لمساعدتهم وتشجيعهم المستمر. و يخص بالذكر الاستاذ الدكتور عبد القادر عابد رئيس القسم لقراءة النص باللغة العربية وللآنسة رمزية أحمد العامري والسيدة ميسون منير الغلاييني لطباعة مسودات الكتاب والسادة أحمد عبد القادر تايه ومحمد البستنجي على رسم الاشكال الواردة في هذا الكتاب.



صورة الغلاف : معدن أبو فيلليت من منطقة ضبعة

مطبعة الجامعة الأردنية
عمان ١٩٨٩

Publications Of The University Of Jordan



Industrial Rocks and Minerals in Jordan

(Occurrences, Properties and Origin)

Hani N. Khoury

Amman, 1989

Publications Of The University Of Jordan



Industrial Rocks and Minerals in Jordan (Occurrences, Properties and Origin)

By
Hani N. Khoury

Amman, 1989